

## ポータブル燃料電池の開発

三洋電機株式会社  
研究開発本部  
FCプロジェクト  
西沢信好

### 1. はじめに

昨今、さまざまな機器のダウンサイジングや、マルチメディアなどの情報通信システムの発達、あるいはアウトドア指向の高まりの中で、高品質なコードレス電源への要求が高まりつつある。さらに、阪神大震災の経験を経て現代社会が如何に電気に依存しているかを思い知ると同時に、非常時における電源の重要性が改めて認識され、ますます、その要求は切実な状況にあると言える。

燃料電池は、これらの要求に対応できる、高効率でクリーンな、新しい発電機のひとつとして期待されており、実用化へ向けて、開発が行われている。

当社は、早くからこの燃料電池の開発に着手しており、国内では唯一の空冷式りん酸形燃料電池メーカーである。長年の燃料電池における技術蓄積と、空冷式の優れた特長、さらには家電メーカー独自の発想・ノウハウを生かし、燃料電池を利用したものとしてはユニークな、ポータブル電源を実用化開発した。本報では、このポータブル燃料電池について紹介する。

### 2. ポータブル燃料電池の仕様と構成

#### 2-1 電源の特長

この電源は水素から電気を発生する、クリーンで極めて静か、しかも簡単操作の新型発電機である。発電部としてりん酸形燃料電池を用い、燃料タンクとして水素吸蔵合金タンクを採用し、コンパクトで高性能な電源を実現している。図1にポータブル燃料電池の外観写真を、表1に仕様を示す。

表1 ポータブル燃料電池の仕様

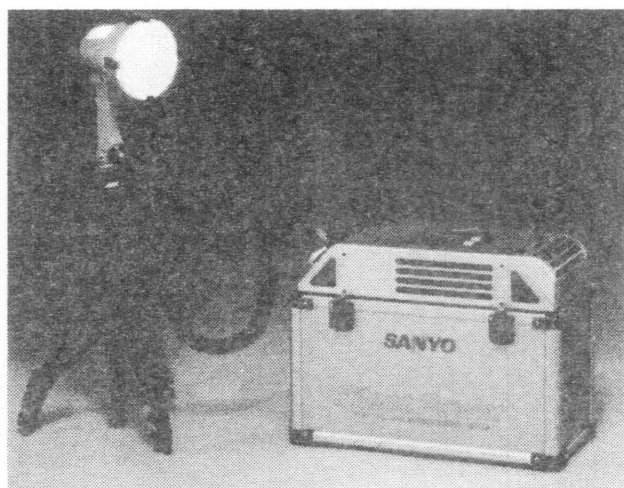


図1 ポータブル燃料電池の外観写真

本 体	
定格出力	250W
電圧	DC12V
起動時間	数分
運転時間	250W/1タンク で約60分
寸法	L443×W212×H340mm
重量	20kg
水素吸蔵合金タンク	
有効内蔵水素量	>300 liters
タンク常用圧力	9.9kgf/cm <sup>2</sup> 以下
寸法	L186×W49×H275mm
重量	4.5kg

この電源の特長としては、

- (1)クリーン (生成物は水だけなので排気は湿温風のみでCO<sub>2</sub>も出さない。)
  - (2)極めて静か (約40dB)
  - (3)電気が良質 (DC/DCコンバータにより電圧が一定でノイズが少ない)
  - (4)操作が簡単 (ワンタッチで起動・停止)
  - (5)連続使用も可能 (タンクの交換や水素ボンベからの配管接続により)
  - (6)移動中の発電が可能 (水素吸蔵合金タンク使用により安全性向上)
- などが挙げられ、次のような様々な場面での電源として使える。

- (1)野外でのテレビ・ビデオ撮影、照明
- (2)携帯型通信機・計測機器
- (3)停電時のバックアップ、非常用
- (4)室内やトンネル内での臨時作業
- (5)アウトドアライフ、レクリエーション

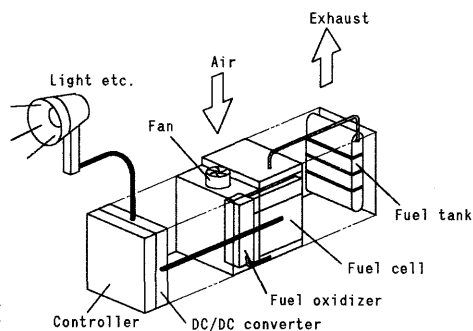


図2 ポータブル燃料電池の構成

## 2-2 電源の構成

ポータブル燃料電池のシステムは、図2に示すように空冷式りん酸形燃料電池、水素吸蔵合金タンク、DC-DCコンバータと制御装置からなる制御ユニットなどで構成されている。図3にシステム構成を示す。

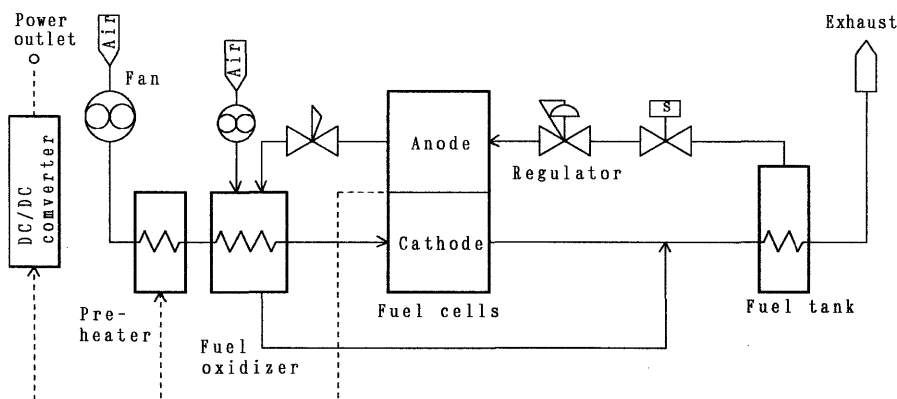


図3 ポータブル燃料電池のシステム構成

電源は、スイッチを入れるとメインバルブが開き水素が燃料電池に供給されて発電を開始し、自己の発電により空気供給ファンなどの内部負荷が起動する。燃料電池は発電により自己発熱し、廃熱は発生水蒸気と未反応空気により水素吸蔵合金タンクに流され、熱交換により合金に吸熱反応熱を与え新たな水素を放出するための熱源として有効利用される。このように水素放出に必要な熱を電池廃熱より確保して連続的な運転を可能としている。燃料電池が昇温され、電池特性が規定値に到達すると外部負荷への出力が可能になる。電源の運転制御は、ファンによる空気供給量の調節などすべてマイコンにより自動的に行われている。水素供給量は、消費電力に応じてレギュレータにより自動調節されている。

### 1) 燃料電池

燃料電池には、作用面積 $190\text{cm}^2$ の単電池を30セル積層した電池スタックを使用している。電池スタックの冷却方式は空冷式で、構造の簡素化や容積の低減のため冷却プレートは使用せず、空気極に供給する反応空気を兼用している。図4に電池構成を示す。

りん酸形燃料電池は電池電圧の温度依存性が顕著なため、出力密度や発電効率を高く得るために通常  $200^\circ\text{C}$  前後で運転しているが、小型・軽量化や電源の起動時間の短縮および取扱上の安全性の確保を考慮し、 $100^\circ\text{C}$  程度の低温で作動する電池スタックを開発した。図5に電池性能の温度依存性を示す。

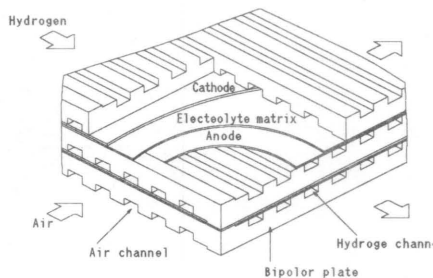


図4 電池構成

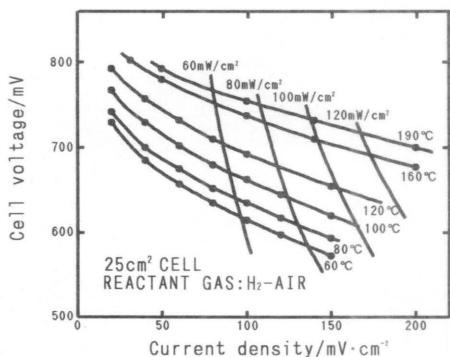


図5 電池性能の温度依存性

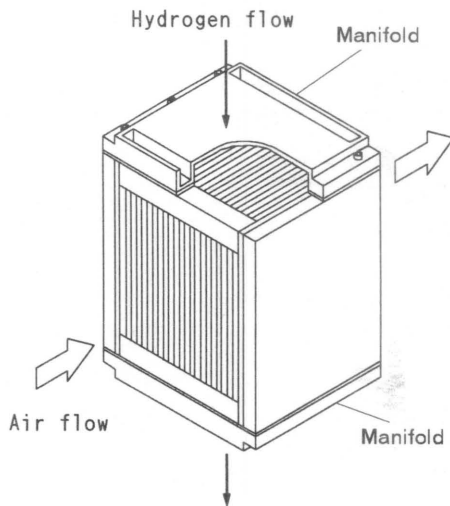


図6 電池スタック

電流密度  $100\text{mA}/\text{cm}^2$  では運転温度 $100^\circ\text{C}$  で約  $670\text{mV}$ 、 $60^\circ\text{C}$  で約  $600\text{mV}$  程度の電圧が得られており、出力密度は小さいが十分に実用に耐え得る性能である。これにより従来電池スタックの周辺部品に耐熱性の面で使用できなかった樹脂材料の使用が可能となり、電源の小型・軽量化が達成された。図6に電池スタックを示す。

### 2) 水素吸蔵合金タンク

水素吸蔵合金は金属自体がその内部に水素を吸収する性質を持つ特殊な素

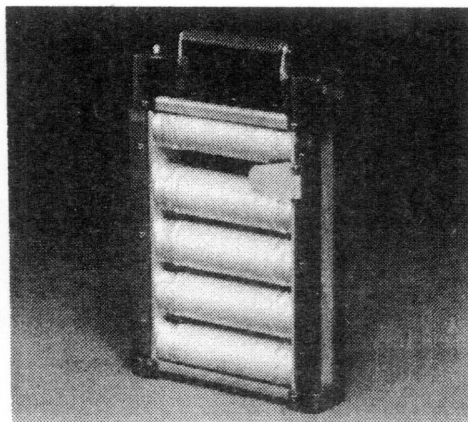


図7 水素吸蔵合金タンク

材であるため、タンク内の水素はいわば固体状態で存在し、大量の水素を常温、常圧に近い条件で安全・コンパクトに貯蔵できる。また、燃料電池の排熱等で加熱すると、貯蔵した水素を容易に放出する性質を持っている。使用している合金は燃料電池用に独自開発したMm-Y-Ni-Mn系合金である。水素吸蔵合金タンクには、この合金を2.5kg充填しており、約360%の水素を貯蔵することができる。水素吸蔵合金タンクを用いることにより、水素ボンベと比較して、同じ圧力で容積を約1/15に小型化することができた。図7に水素吸蔵合金タンクの外観写真を、図8にMm-Y-Ni-Mn系合金のPCT特性を示す。また水素吸蔵合金タンクへの水素の再吸蔵はタンクを冷却することにより水素ボンベ等から簡単に行える。本タンク専用開発した卓上型自動水素吸蔵装置を図9に示す。

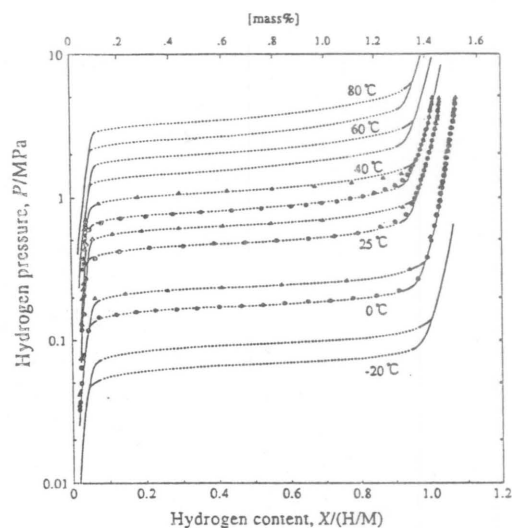


図8 Mm-Y-Ni-Mn系合金のPCT特性

### 3) 制御ユニット

DC-DCコンバータは非絶縁型であるチョップ回路方式を採用している。変換効率は90%以上を得ている。制御機能としては入力電流抑制、出力電圧可変および過電流保護機能等を有している。制御装置は8ビットマイクロコンピュータを用いて自動運転を行っており、万一異常が発生した場合においても、安全に停止する。また、通信機能を内蔵しており、外部モニターを接続することにより運転状態の監視が可能である。

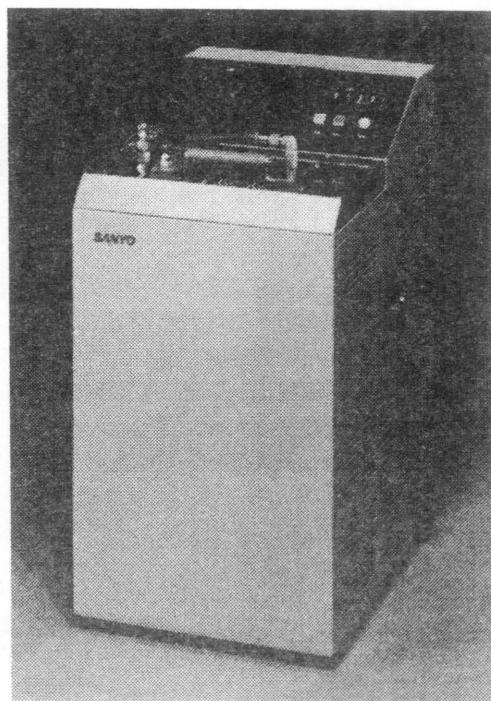


図9 卓上型自動水素吸蔵装置

## 3. ポータブル燃料電池の特性

### 3-1 運転特性

ポータブル燃料電池の運転例を図10に示す。電池温度が安定する20分以降電池電圧も安定している。また、水素吸蔵合金温度は、起動後数分間は低下するが、これは電池の廃熱温度が低いためタンクの加熱が十分できないことによる。しかし、このような合金温度の低下状況においても十分に水素放出機能を維持している。一方、連続運転の場合など電池スタックからの熱量が過剰となる場合には、タンク圧力を検知しダンパーを作動させ、タンクの加熱を抑制し、一定範囲の圧力に制御している。

### 3-2 サイクル寿命試験

小型電源では短期間の繰り返し運転が一般的な使用方法であるため、燃料電池が最も苦手とするサイクル寿命特性を確認することが重要である。試験は実使用に近い次の方法で行った。電源を起動し、電子負荷装置で定格負荷による運転を1～4時間行い、電源を停止して室温保存する。これを1サイクルとして、この操作をランダムに繰り返す、ただしサイクル間隔は1時間以上とした。サイクル寿命試験の途中経過を図11に示す。600サイクル、約4年間経過後の単セル平均電圧は565mVであった。1サイクル当たりの単電池の特性劣化速度は約0.1mV/サイクルである。この数値は200℃運転と比較すると1桁小さい非常に安定した性能である。実験室の室温下でのデータだが、十分に実用に耐え得る電池寿命が確保できる見通しが得られた。また、他の構成機器についても、サイクル寿命に関して何ら問題は発生しなかった。

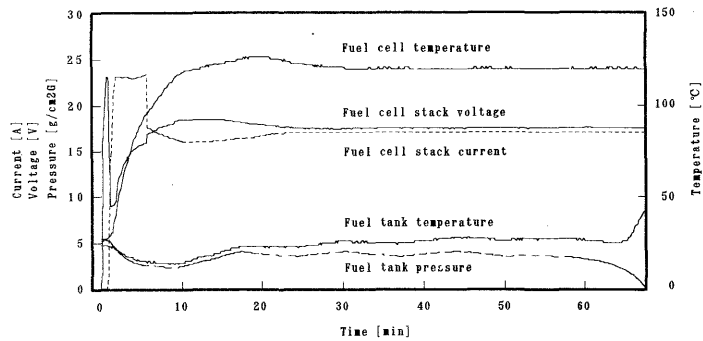


図10 ポータブル燃料電池の運転例

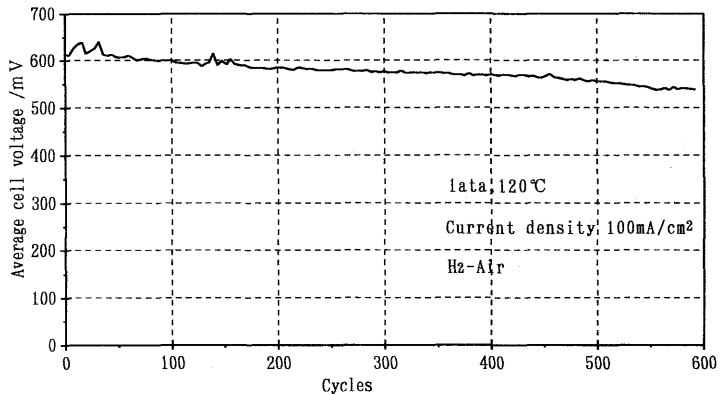


図11 サイクル寿命試験経過（継続中）

### 3-3 起動特性試験（負荷応答性）

ポータブル燃料電池を起動し、電池特性が規定値に達したら定格負荷で5分間運転後、停止させる。これを数回繰り返すことにより、停止から起動への連続起動性の確認、電池温度制御性の確認、100%から0%への急激な変動における負荷応答性能の確認のための試験を行った。連続起動性は10回の起動・停止に対しても安定した起動性が確認できた。電池温度制御性についても同様に問題のないことが確認できた。また、負荷応答性能については、起動から連続した定格運転を9回実施したが、制御装置、ファンなどの補機類の異常も発生せず安定した負荷応答を確認することができた。

#### 4. 今後の課題

ポータブル燃料電池の開発により、燃料電池を用いた小型電源の実用化の見通しが得られた。この新しいタイプの電源が実用機として受け入れられるためには以下のような課題がある。

##### 1) 小型・軽量化

持ち運び可能を重視するならば10kg程度まで小型・軽量化が必要である。

##### 2) 運転時間の延長化

タンク1本当たりの運転時間の延長を望む声が多い。これにはシステムの効率向上や、タンクの水素保持量の増加が必要となる。前者は電池特性向上、水素利用率向上、補機動力の低減化、DC/DC変換効率の向上等と全く大型プラントの場合と共通の課題である。後者は水素吸蔵合金の吸蔵能力向上に依るところが大きく、今後さらに高性能合金の開発が必要である。

##### 3) 信頼性・寿命向上

実用機としては用途や使用環境等について十分な考慮をする必要がある。様々な運転モードにおける性能や耐環境性能などの確認とその克服方法の検討などを今後継続して実施していく必要がある。

##### 4) コストダウン

実用化への最大の障壁はコストダウンである。電池スタックを除けば電源の構成部品はすでに大半が量産品である。更なるコストダウンは徹底的な部品削減の道しかない。このためにはシステムの再構築が必要である。これには従来の発想を大きく転換する必要があるだろう。

##### 5) 水素燃料の供給インフラの整備

燃料が簡単に手に入るかどうかはユーザーにとって大きな問題である。需要があれば整って行くとの楽観論はあるが、導入期における取り組み方法や問題点の抽出を進めておく必要がある。

#### 5. おわりに

現在、ニーズの掘り起こしや改良、応用展開等へのご意見を頂くことを目的として、試験販売を実施している。実際に多くの人に燃料電池をご使用頂いて、ご意見を伺うことが商品として実用化を進めるための近道と確信している。

前述のように今後の最大課題はコストダウンである。信頼性、安全性、特性を確保しつつ大胆な発想の転換でコストダウンを実践していく必要がある。

燃料電池の普及実用化を目指して、今後も引き続き燃料電池や水素吸蔵合金の研究開発に取り組んで行く所存である。

#### 参考文献

- ・渡辺、西沢、伊藤、他：SANYO TECHNICAL REVIEW, Vol.26, No.1, Feb., p18, (1994)
- ・Y. Nakamura, H. Nakamura, S. Fujitani, I. Yonezu, T. Saitou, N. Nishizawa and M. Tsutsumi: J. Alloys and Compounds, in contribution.
- ・藤谷伸、米津育郎：まてりあ, Vol.34, No.2, p184, (1995)
- ・進藤、西沢、堤：日本機械学会、第4回動力・エネルギー技術シンポジウム講演論文集 p149, (1994)
- ・中藤、進藤、西沢、堤：第2回燃料電池シンポジウム講演予稿集, p82, (1995)