

# EV & HEV用ニッケル・水素蓄電池の開発

Development of Nickel/Metal-Hydride Battery for EV & HEV

生駒 宗久\*

Munehisa Ikoma

## 1. はじめに<sup>1)</sup>

窒素酸化物による酸性雨や炭酸ガスによる温暖化などの地球規模の環境破壊と、エネルギー資源の多様化が課題として取り上げられ、その解決手段として排気ガスを発生しない電気自動車(EV)の開発と実用化が重要となっている。米国加州での無排気車ZEV(Zero Emission Vehicles)規制は、2003年にZEVを10%販売することを義務づけている。また、アジア諸国のモータリゼーションの発達により、原油の需給バランスが崩れ供給不足になることが予測されており、低燃費自動車の開発が急務となっている。このような背景から国内外のカーメーカは、本格的PEV(Pure EV)やガソリン車をこえる性能を有するHEV(Hybrid EV)の開発・実用化に本腰を入れて取り組んでいる。これらのEVの成否は主に搭載電池に起因しており、既存電池の高性能化とともに高エネルギー密度、高出力の新型電池の開発が非常に重要である。

## 2. 電池開発の現状

各社のEV用二次電池の開発状況を表1に示す。

表1に示すように各国の電池メーカや研究機関は、既存電池として鉛蓄電池やニカド、新型電池としてニッケル・水素蓄電池、リチウム二次電池、高温型ナトリウム電池等の研究開発を行っている。特に米国では、カーメーカが中心となり、政府と電力会社が合同でUSABC(次世代電池開発組合)を設立し、1992年5月から前述の新型電池の開発に取り組んでいる。日本では、EVをひとつの用途目的としたリチウム二次電池の大型化の研究開発が1992年に設立されたLIBES(リチウム電池電力貯蔵技術研究組合)で行われている。また、カーメーカと電池メーカによるEV用電池生産を目的とした合弁会社の設立や共同開発が積極的

に進んでいる。GMとオボニックによるGMオボニック、トヨタ自動車と松下グループによるパナソニックEVエナジー、日産自動車とソニーの共同開発などがある。

### 2.1 PEV用電池

現状一充電当り100マイル(160km)以上の走行ができるという実用面での要望を考えると、当面ニッケル・水素蓄電池が有望で、将来的には高エネルギー密度(Wh/kg)のリチウムイオン、リチウムポリマーなどのリチウム二次電池が期待され試験走行が行われている。また、PEM(Proton Exchange Membrane)燃料電池は、新たなEV用電源として注目されている。新型電池の多くが実験車に搭載され実用化検討がなされている。ニッケル・水素蓄電池はパイロット生産が行われ、販売が開始されるに至っている。また、リチウムイオン電池についても一部生産が開始され、これを搭載したEVの国内販売リースがスタートしている。

### 2.2 HEV用電池

HEVには種々のシステムが考案されているが、一般的にHEV用電池には高出力密度・高回生密度・長寿命が求められる。電池構造の工夫により内部抵抗の低減を図り、高出力化に対応したニッケル・水素蓄電池やリチウム二次電池の開発が積極的に進められている。また、HEVは充電と放電をハイレート電流で繰り返すため、充電量と放電量を積算し電池の残存量を精度よく検知する必要があり、電池の高性能化だけでなくバッテリーマネージメントの技術も重要である。

ここでは、パイロット生産を行い、販売を開始している当社のPEV及びHEV用ニッケル・水素蓄電池の現状を中心に述べる。

## 3. EV用ニッケル・水素蓄電池の反応機構

ニッケル・水素蓄電池は、正極にニッケル酸化物を、負極に水素吸蔵合金に貯蔵した水素を用いた蓄電池で

\* パナソニックEVエナジー(株)技術部長

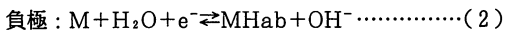
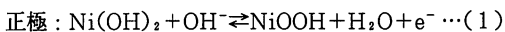
〒431-0452 静岡県湖西市境宿555

表1 各社のEV用二次電池の開発状況

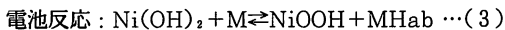
機関	Pb	Ni/Cd	Ni/MH	Li ion	Na/S	Na/NiCl3	Li Polymer	Zn/Br	Zn Air
松下	●		●	●					
パナソニックEVエナジー			●						
日本電池	●		●	●					
三洋			●	●					
ユアサ	●		●						
古河			●						
新神戸	●			●					
ソニー				●					
LIBES				●					
Ovonic			●						
GM/Ovonic									
SAFT	●	●	●	●					
VALTA	●		●	●					
AEG						●			
Silent Power					●				
3M							●		
W. R. Grace							●		
Acme		●							
Powercell								●	
Electric Fuel									●
Zinc Air Power									●
Delphi	●								
Bolder Exide	●								
GNB	●								
Electrosorce	●								

あり、この電池系は種々の優れた特性を有するためPEV及びHEV用電池として最も期待されている電池系の一つである。

正極と負極のアルカリ電解液中での充放電反応はそれぞれ(1)、(2)式で示される。



ここで、M:水素吸蔵合金、MH<sub>ab</sub>:吸蔵された水素(金属水素化物)を意味する。従って、電池としては次の(3)式の反応にまとめられる。



この反応モデルを図-1に示す。

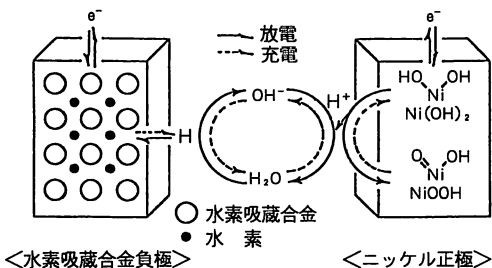
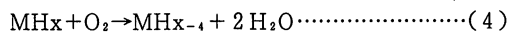


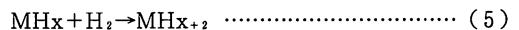
図-1 ニッケル水素蓄電池の充放電反応機構

ニッケル・水素蓄電池では、充電時には水素が正極から負極へ、放電時にはその逆に移動するだけで、電解液の増減を伴わないことが特徴である。

電池の密閉化は、負極の容量を正極のそれより十分大きくすれば、過充電時に正極から発生する酸素ガスを(4)式により負極中の水素が還元することにより可能となる。



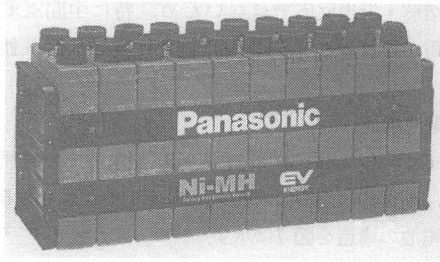
また、充電雰囲気温度や条件により負極から水素ガスが発生した場合の内圧の上昇を抑制するために、負極に疎水性を付与する方法が採用されている。これにより、水素吸蔵合金の表面の固・気界面から(5)式により直接水素ガスを吸蔵させることができ、内圧上昇を抑制することができる<sup>2)</sup>。



#### 4. PEV用ニッケル・水素蓄電池<sup>3)</sup>

当社においてすでにPEV用に開発しているEV-95(95Ah)及びEV-28(28Ah)を図-2に示す。

EV-95はモジュール電池で1000サイクル以上の寿命試験の実績と約2年間の実車走行実績があり、総合性



EV-95



EV-28

図-2 PEV用ニッケル・水素蓄電池

能に優れた電池である。現在、我々はこの電池の量産化を積極的に推進しており、この電池を搭載したEVがすでに販売あるいはリースされている。

また、EV-28は小型PEV（通勤車等）やHEV市場をターゲットに開発した電池である。

4.1 電池構造

当社のEV用ニッケル・水素蓄電池は添加物（ $Y_2O_3$ 等）の最適化により高温充電特性に優れたニッケル正極板、高容量で長寿命な $MmNi_5$ 系（ $AB_5$ 型）水素吸蔵合金負極板、そして高機能な親水処理P.P.製セパレータの採用など、いくつかの重要な要素技術を組み合わせる構成されている。

EV-95の電池構造を簡単に説明する。電極群はセパレータを介し、複数枚の正極板と負極板とを交互に重ねあわせて構成している。セルは、この電極群を樹脂製の電槽に挿入し、アルカリ電解液を注液後、安全弁を有する蓋により封口している。モジュール電池は、10セルを金属製の連結板で直列に連結し、また温度分布を均一にするためにセル間に空気の流通が可能な構造を採用している。

またEV-28は、EV-95の基本技術を用いて、新たにセル間冷却が可能な電槽設計とセル間のバスバーを電池内部で構成した新内部接続構造の技術を導入することにより、小型・軽量、高出力化を達成した。

4.2 電池基本特性

EV-95、EV-28の寸法、重量及び基本特性を表2に示す。

表2 EV-95、EV-28基本性能

項目	EV-95	EV-28
寸法(W×H×L, mm)	116×175×388	75×110×388
電圧	12V	12V
容量	95Ah	28Ah
重量	18.7kg	6.0kg
エネルギー密度	65Wh/kg	58Wh/kg
出力密度(DOD=80%)	200W/kg	300W/kg
自己放電(45°C, 1ヶ月間)	25%	25%
サイクル寿命(25°C, DOD=80%)	>1000cycle	>1000cycle

4.2.1 放電特性

PEV用蓄電池の放電特性として出力密度を調べた。実際の走行では、加減速や定速走行及び回生充電のパターンが複雑に組み合わせられ、パルス放電に類似した放電挙動を示す。図-3にパルス放電を行い、出力密度と放電深度との関係を調べた結果を示した。

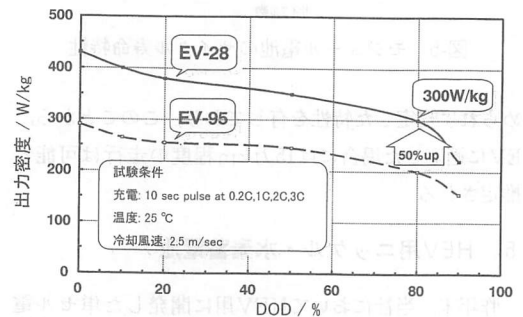


図-3 出力密度に及ぼす放電深度の影響

EV-95及びEV-28とも放電深度が80~90%まで安定した出力密度が得られた。また、EV-28は新内部接続構造の採用により、EV-95の約1.5倍の300W/kgという高出力密度を達成することができた。

4.2.2 充電特性

実車使用においては幅広い温度範囲で安定した放電容量を有することが、一充電走行距離の信頼性に極めて重要な特性である。-20~55°Cの温度範囲で充電特性を調べた結果を図-4に示す。

EV-95、EV-28とも幅広い温度範囲で安定した放電容量を示した。また25°Cに対する45°Cでの充電効率率は、EV-95が86%、EV-28が97%であり非常に優れた高温特性を示した。

4.2.3 寿命特性

図-5に、EV-95のサイクル寿命特性を調べた結果を示す。1000サイクルを経過しても放電容量の劣化は認

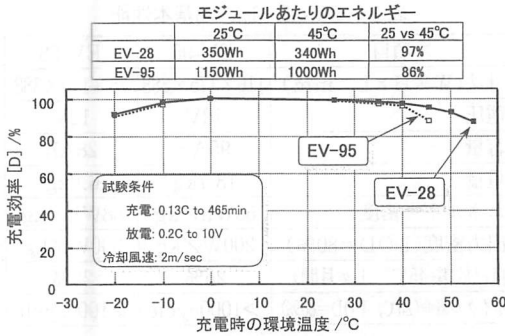


図-4 モジュール電池の充電温度特性

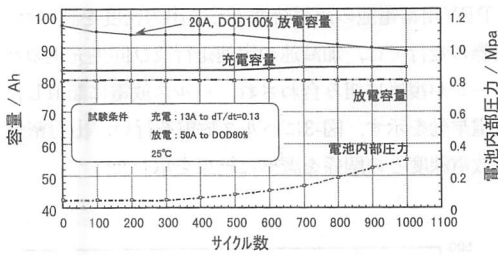


図-5 モジュール電池のサイクル寿命特性

応が溶解・析出反応ではないため、特に中間SOCで充放電が繰り返されるHEV用途では良好な耐久性を有す。

5.1 電池構造

図-6に示した単セルは、円筒密閉型電池で、直径32mm、高さ60mmのDサイズ(単一サイズ)である。この電池の構造を図-7に示す。

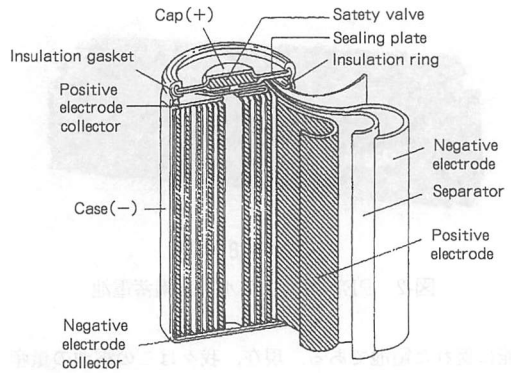


図-7 単セル電池構造

められず安定した特性を有しており、このことから、EVに適応した場合には15万km程度の走行は可能と推定される。

5. HEV用ニッケル・水素蓄電池<sup>4)</sup>

昨年末、当社においてHEV用に開発した単セル電池(松下電池工業㈱との共同開発)及びモジュール電池を図-6に示す。このニッケル・水素蓄電池は、出力密度・エネルギー密度ともに高く、充電効率も良好である。特に中間SOC(state of charge)ではほぼ100%のアンペアアワー(Ah)効率と90~95%のワットアワー(Wh)効率を示すことから、HEV用として非常に適している。また、耐過充電性、耐過放電性に優れ安全性も高い。さらに、先に示したように電池反

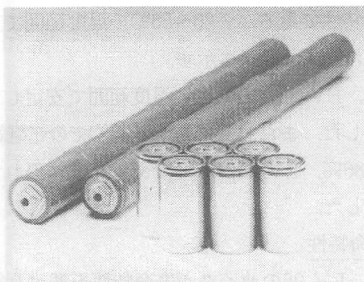


図-6 単セルとモジュール電池

封口板には、内圧上昇による破裂を防ぐために、復帰式の安全弁を備えており、容器は金属製で、正・負両極板はセパレータを介して渦巻き状に巻かれている。この電池は、これまでの電池技術をベースに開発を行い、極板面積の最適化、集電抵抗の低減、電解液組成の改良を行うことで、高出力化を達成している。電池の公称容量は6.5Ahで、最大出力はセルあたり約100Wである。

セルを直列に接続しモジュール化するには、可能な限り低い抵抗接続をすることが望まれる。また、車両に搭載されるため、モジュール単位でも耐振動性や耐衝撃性が必要となる。このような要件を満たすために、セル間の接続には皿形の接続板を採用した。この接続板は、接続距離の短縮と低抵抗化とともに、軽量化も実現している。

5.2 電池基本特性

単セル電池及びモジュール電池の基本特性を表3に示す。

5.2.1 放電特性(出力特性)

モジュール電池(6セル)の出力特性を図-8に示す。2秒間出力で600W以上、5秒間出力で500W以上というPEV用電池EV-95の約3倍の高出力が可能で、低SOC領域でもほぼ同等の出力を得ることができる。このような電池出力特性は常に安定した入出力を可能と

表3 単セルおよびモジュール電池基本性能

		Module (6 cell)	Cell
		Power (Pulse for 10sec.)	W/kg
	W/L	1730	1820
Regenerative Power (Pulse for 10sec.)	W/kg	400	430
	W/L	1360	1450
Energy	Wh/kg	43	46
	Wh/L	152	162
Nominal Voltage	V	7.2	1.2

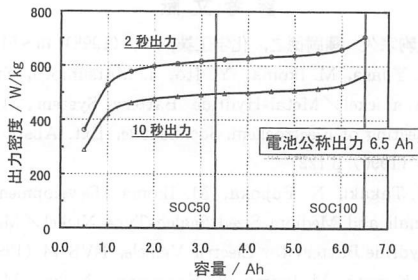


図-8 モジュール電池出力特性

し、HEVにとっては制御上も有利である。

5.2.2 充電特性 (充電受け入れ性)

図-9に示すように、充電(回生)受け入れ能力も高く、充電効率はAh効率でほぼ100%である。この特性により、車両減速時のエネルギーを回生制動により、効率よく回収することが可能である。また、エネルギーロスが少ないため電池の発熱も最小限に抑えられる。さらに、電池制御においても電流積算による残容量検知が可能となっている。

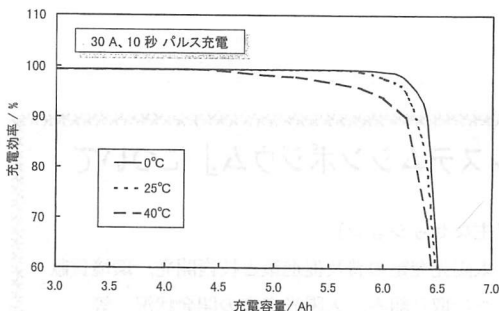


図-9 パルス充電効率

5.2.3 寿命特性

HEVにおいては、電池は完全充電と完全放電を行わないよう制御され、常にエネルギーを出し入れできる状態に維持される。これを考慮して種々の条件下で

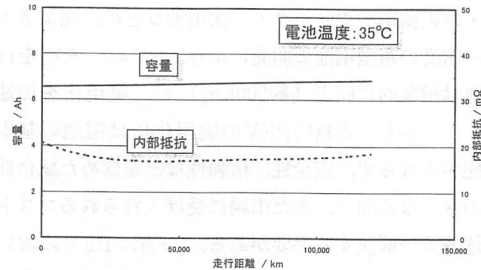


図-10 モジュール電池寿命特性(実車走行パターン)

寿命特性の評価を行った。実車の入出力をシミュレーションした耐久試験の一例(35°C)を図-10に示す。その結果、10万km以上の走行に相当する耐久性が確認され、電池特性に変化はなく、劣化が見られなかった。この結果から、実際に車両に搭載されても、車両寿命まで電池の積み替えの必要がないと考えられる。

以上のように、この電池はHEV用として非常に適した特性を有しているといえる。

5.3 HEV用電池パック

このモジュール電池を用いることで、高性能の電池パックの構成が可能である。モジュール電池(6セル)の出力は500W以上であり、40モジュールからなるパックを構成した場合、20kW以上の高出力が可能となる。図-11は電池パックシステムの一部(トヨタ自動車㈱との共同開発)である。この電池パックシステムは、電池制御システム、冷却システムを有し、21kWの高出力とともに高い信頼性、安全性と耐久寿命をも実現している。

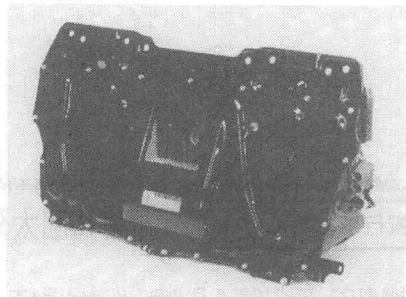


図-11 HEV用パックシステム 例(トヨタ自動車仕様)

6. 電気自動車の開発動向

電池メーカー各社はEV用二次電池の高性能化に精力的に取り組み、また国内外の自動車メーカーは新型電池を用いフリーテストを開始し、PEVの販売やリースによる市場への投入を積極的に行っている。ニッケ

ル・水素蓄電池やリチウム二次電池などの、高エネルギー密度の新型電池の開発により、EVの一充電走行距離は飛躍的に向上(約200km)し、実用化を加速した。しかし、本格的PEVの実用化には電池の基本性能のみならず、安全性、信頼性などを含めた総合性能のさらなる向上、また市場に受け入れられるコストの達成等を解決する必要がある。一方、PEVにおいて蓄積された技術をベースにHEVの開発も積極的に進められている。昨年末トヨタ自動車より発売された世界初の量産HV車「プリウス」は、ガソリンエンジンと電気モーターの二つを動力源としたシステムを有し、図-11に示した高出力のニッケル・水素蓄電池パックを搭載することで、1.5リットルのガソリン車の二倍に当たる28km/リットルの燃費性能を確保し、既存車では不可能な千km以上という長い航続距離を実現している。同時に大幅な排ガスの低減も図り、まさに次世代のガソリン車と位置づけられる車と考えられる。また、将来型のEVとして期待される燃料電池のEVもトヨタやDaimler-Benz等から発表されている。

## 5. おわりに

現在開発の進められているEV用の高効率な駆動システム(モーター、インバータ等)と新型電池を搭載

したEVは、従来のノロノロ走るPEVのイメージを一新し、ガソリン車に劣らない走行性能が達成され、実用化に大きく前進した。またHEV車も商品化され、環境にやさしく、省エネルギーであるEVの開発は21世紀へのキーテクノロジーとなることが予想される。EVを成功させるためには、新型電池の開発が極めて重要であり、電池が“EVの心臓”の役割を果たすことになり、基本性能・信頼性・安全性及び電源システムとしての確立を図っていく必要がある。

## 参考文献

- 1) 生駒宗久, 藤岡徳之, 化学工業, 49, (1998) 45~51.
- 2) K. Yuasa, M. Ikoma, Y. Ito, I. Matsumoto, Study on a Nickel/Metal-Hydride Battery System, 178th Meeting of Electrochem. Soc. Seattle, Ext. Abstr. No. 76 (1990) p.122.
- 3) M. Takaki, N. Fujioka, M. Ikoma, Development of Small and Medium Sized Sealed-Type Nickel/Metal-Hydride Battery for Electric Vehicle, EVS-14 (1997).
- 4) T. Kimura, M. Ikoma, K. Kanamaru, Nickel/Metal-Hydride Battery for Power Assist Application, EVS-14 (1997).

協賛行事ごあんない

## 「第15回太陽光発電システムシンポジウム」について

〔開催期日〕平成10年6月2日(火)～4日(木)  
 〔会場〕発明会館ホール(港区虎ノ門2-9-14)  
 〔参加予定〕1日当り250人(招待者を含む)  
 〔参加費〕太陽光発電懇話会会員 35,000円  
 官公庁及び学校法人等  
 の教育, 研究機関 20,000円  
 上記以外 40,000円

(以上テキスト代含む)

〔主なセッション〕  
 太陽光発電の普及促進策と技術開発, 環境貢献  
 への取り組み, 太陽光発電の開発状況 等  
 \*問い合わせ先  
 太陽光発電懇話会  
 〒105-0004 東京都港区新橋4-29-6 寺田ビル3階  
 Tel 03-5459-6351, Fax 03-3459-6595