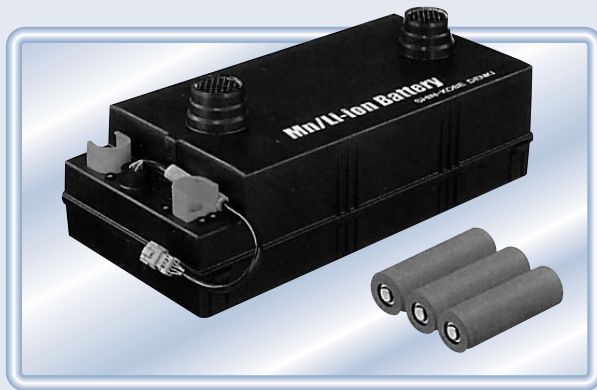


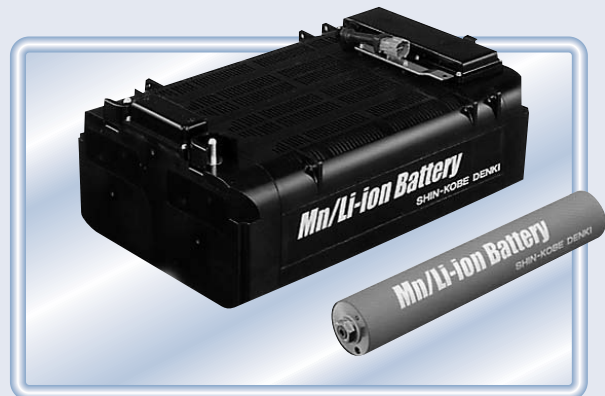
車載用高出力・高容量リチウム二次電池

High-Power and High-Energy Lithium Secondary Batteries for Electric Vehicles

新井 寿一 Juichi Arai 村中 廉 Yasushi Muranaka 小関 満 Mitsuru Koseki



(a) HEV用リチウム二次電池(右)と電池モジュール(左)



(b) EV用リチウム二次電池(右)と電池モジュール(左)

注：略語説明 HEV(Hybrid Electric Vehicle), EV(Electric Vehicle)

日立グループが開発した車載用リチウム二次電池と電池モジュール

HEV用リチウム二次電池は高出力、EV用リチウム二次電池は高容量をそれぞれ特徴とし、ともに車載実績を持っている。

日立グループは、エレクトリック パワートレイン システムでのトータル ソリューション パートナーを目指し、モータ、インバータ、および電池の単独製品とともに、総合的な技術ソリューションの開発を進めている。また、日立グループは、車載用と産業機器用の蓄電池システムの長年の実績を基に、エレクトリックパワートレイン用電源の本命として、リチウム二次電池とその

電源システムを開発している。

これまで、(1)高い入出力特性を持つHEV(Hybrid Electric Vehicle)用リチウム二次電池、(2)90 Ahという大容量のEV(Electric Vehicle)用リチウム二次電池、および(3)高い出力性能と容量密度を両立させた軽車両用リチウム二次電池を製品化し、実用に供してきた。

1 はじめに

世界的な環境問題、資源枯渇問題を背景に、自動車には排出ガスのいっそうの低減と燃費向上が求められており、環境に優しい次世代のEV(Electric Vehicle)やFCEV(Fuel-Cell Electric Vehicle)の開発が進められている。一方、エンジンとモータを動力源として併用したHEV(Hybrid Electric Vehicle)はすでに市販され、エンジン車では実現できなかった高い燃費を達成している。また、家庭の電源で充電が可能な電池を搭載した電動スクーターも実用化された。

これらエレクトリックパワートレインの電源には、繰り返し充電ができる二次電池(蓄電池)が用いられる。日立グループは、二次電池の中で最も高い入出力特性とエネルギー密度を持つリチウム二次電池を車載用二次電池の本命と位置づけ、研究開発を進めている。これまで、EV用、HEV用、さらに電動スクーターなどの軽車両用と、それぞれ特徴のあるリチウム二次電池を製品化してきた。

ここでは、日立グループがこれまで開発した車載用リチウム二次電池とその特徴について述べる。

2 リチウム二次電池の原理と特徴

2.1 構成と原理

リチウム二次電池は、金属酸化物から成る正極、炭素材料から成る負極、有機溶媒とリチウム塩から成る電解液、およびセパレータで構成する(図1参照)。リチウム二次電池では、正極と負極の間でリチウムイオンをやり取りすることによって充電と放電が行われる。この充放電過程で正極と負極に生じる現象はリチウムイオンの挿入と脱離であり、原理的に化学反応を伴わないため、リチウム二次電池は、長寿命、高効率率が期待される信頼性の高いデバイスである。また、正極や負極材料の高容量化、電解液の低抵抗化などにより、その容量と出力性能は現在もなお大きく向上し続けており、今後も、材料開発により、いっそうの高性能化が期待できる電池である¹⁾。

パソコンなどに使われる携帯用のリチウム二次電池では、正極材料にコバルト酸リチウムが主に用いられている。しかし、コバルトは埋蔵量が少ないことから、大量消費が予想される車載用途には不向きである。そのため、日立グループは、開発当初から埋蔵量の豊富なマンガンを主な正極材料として注目し、開発を進めている²⁾。

2.2 車載用リチウム二次電池の種類と特徴

リチウムは、すべての元素の中で最も低い電位を持っている。このため、リチウム二次電池は、現存する電池の中で最も高い動作電圧を持ち、鉛電池やNi-MH(ニッケル水素)電池に比べてエネルギー密度と出力密度が高い³⁾(図2参照)。

日立グループは、設計上のくふうや材料の選択により、種々の用途に適したリチウム二次電池を製品化している。HEVでは、制動時の運動エネルギーを電気エネルギーとして

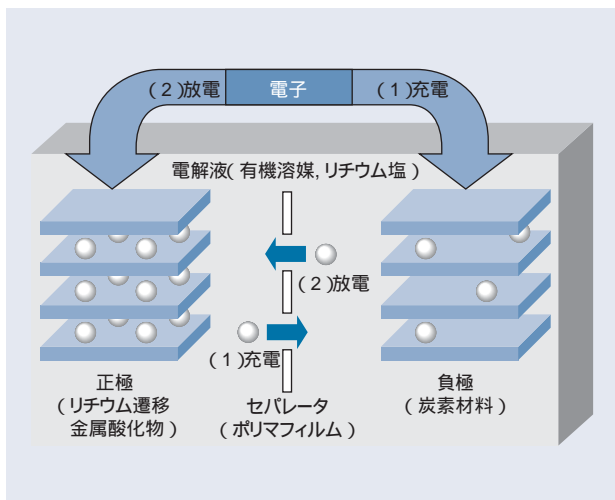


図1 リチウム二次電池の構成と原理

リチウム電池では、リチウムイオン(Li⁺)が正極と負極間を移動することにより、充電と放電が行われる。

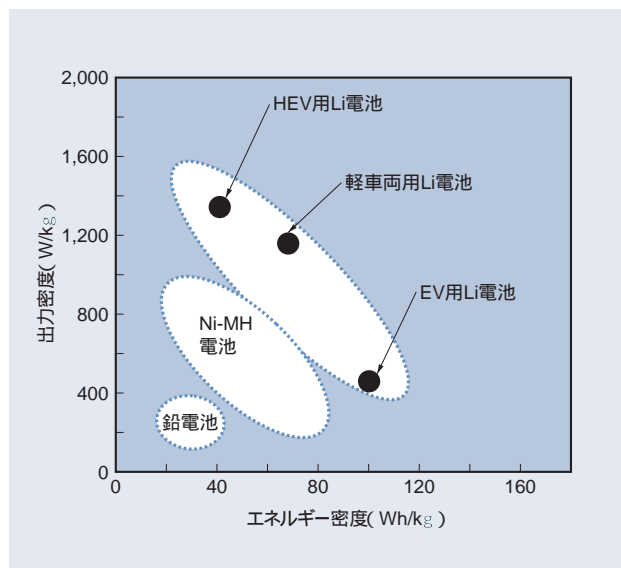


図2 リチウム電池の特性と製品の位置づけ

日立グループが開発した車載用リチウム二次電池の特性と製品としての位置づけを示す。リチウム電池は、他の二次電池に比べてエネルギー密度と出力密度が高いことが特徴である。

回収(回生)することによる燃費の向上のほか、発進、加速、登坂時のエンジンアシストによる排出ガスの低減が求められる。このため、HEV用リチウム二次電池に要求される瞬間的な充電(入力)と放電(出力)への追従性と、高い入出力密度を持つように設計している。

一方、EVでは、1回の充電での走行距離が最も重視される。そのため、EV用リチウム二次電池では、高いエネルギー密度がとれるように設計している。

また、電動スクーター用途では、EVとしての要求に加え、発進時の加速性能も求められる。そのため、軽車両用には材料の改良を加え、高い出力密度とエネルギー密度を持つ電池を開発した。

3 車載用リチウム二次電池

3.1 HEV用リチウム二次電池

HEV用モジュールには高い電圧が要求されるため、1本当たり3.6 V(公称電圧)の電圧を持つリチウム二次電池を48本直列に接続して組み電池化し、モジュール当たり173 Vを発生させる仕様としている(表1参照)。このモジュールの外形寸法は541 mm(幅)、260 mm(奥行き)、160 mm(高さ)で、容積は約22 Lであり、質量は制御回路と配線系を含めて約20 kgである。このモジュールの出力は1,350 W/kgであり、日産自動車株式会社の乗用車「ティーノ・ハイブリッド」に搭載され、すでに4年以上の走行実績がある。

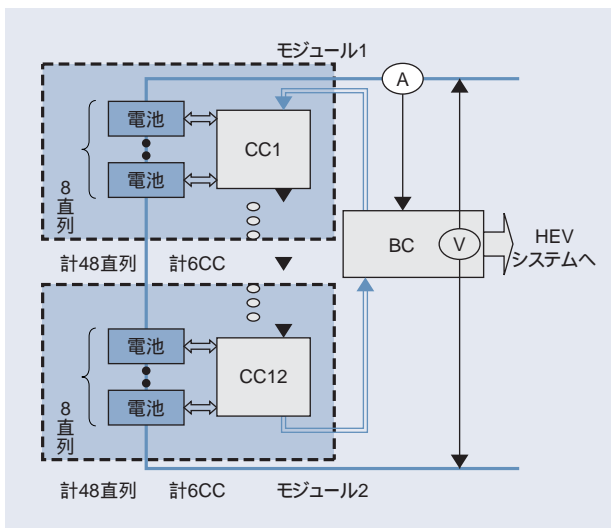
HEV用モジュールには、直列接続された8本の電池を一つの単位として制御するセルコントローラ(C)を6個搭載している。このCCでは各電池の電圧や温度などを監視し、上位の

表1 HEV用とEV用リチウム電池モジュールの主な仕様と性能

HEV用には高出力・高電圧タイプが、EV用には高容量タイプのモジュールが適している。

項目	HEV用	EV用
外形寸法 (mm) (幅×奥行き×高さ)	541×260×160	440×290×186
質量(kg)	20.2	29.3
公称電圧(V)	173	30
容量(Ah)	3.6	90
エネルギー密度(Wh/kg)	-	93
出力密度(W/kg)	1,350(DOD50%時)	350(DOD85%時)

注：略語説明 DOD(Depth of Discharge : 充電状態を0%, 放電状態を100%としたときの電池の充放電状態を表す表記)



注：略語説明 CC(Cell Controller), BC(Battery Controller)

図3 HEV用リチウム二次電池の制御系の構成図

HEV用リチウム二次電池モジュールの制御回路を示す。8直列の電池を制御するセルコントローラ部と、6個のセルコントローラ、およびこれらを統括するバッテリーコントローラで構成する。

制御系であるバッテリーコントローラにその信号を送っている(図3参照)。制御アルゴリズムは、車載用鉛電池で培った長年の技術・ノウハウとリチウム二次電池材料の研究成果を基に作成したものであり、信頼性の高いシステムである。

HEV用モジュールは、乗用車への適用だけでなく、トラックや鉄道車両への活用も可能であり、今後、利用範囲が広がっていくと考える⁴⁾。

3.2 EV用リチウム二次電池

EV用モジュールには高い容量が要求されるために、90 Ahの大きな容量を持つEV用電池を採用している。このモジュールは直列に接続した8本のEV電池と制御回路で構成し、端子間で約30 Vを発生する仕様としている(表1参照)。また、このモジュールの外形寸法は440 mm(幅)、290 mm(奥行き)、186 mm(高さ)で、容積は約23 Lであり、

質量は制御回路と配線系を含めて約29 kgである。このモジュールもEVへ採用されており、4年以上の走行実績を持っている。

EV用モジュールは、産業機械や2人乗りゴルフカートなどへの利用も検討され、すでに一部は製品化されている⁵⁾。

3.3 軽車両用リチウム二次電池

電動スクーター用に開発した軽車両用リチウム二次電池は、7 Ah, 74 Wh/kgとHEV電池より高い容量とエネルギー密度を持っており、さらに、1,200 W/kgとEV電池に比べて出力密度が高い。この電池はヤマハ発動機株式会社の電動スクーターに採用され、「パッソル」用の質量5.9 kgの脱着・可搬型モジュールが実現した⁶⁾(図4参照)。

このモジュールは2並列の軽車両用リチウム二次電池を7個直列に接続して構成し、端子間電圧で26 Vを発生する仕様としている。外形寸法は幅95 mm, 奥行き147 mm, 高さ370 mmで、容積は約5 Lである。また、このモジュールは家庭用100 V電源で充電でき、EV普及の一つの課題である大型の充電器などの社会基盤を必要としない。このモジュールの搭載により、パッソルでは1充電当たり約30 kmの走行が可能である。

温暖化ガスとされるCO₂のパッソルでの削減効果は、同型のエンジン車と比較して67%と試算されている⁷⁾。地球環境保護のために、パッソルのような、新たなジャンルのエレクトリックパワートレインの今後の実用化が期待されている。

3.4 新型HEV用リチウム二次電池モジュール

電池モジュールに対する小型、軽量化、高出力化の強い要望にこたえるべく、日立グループは、リチウム二次電池の高性能化を進めている。HEV用電池に関しては、入出力密



図4 軽車両用リチウム電池モジュール(a)と、ヤマハ発動機株式会社の電動スクーター「パッソル」(b)

この軽車両用リチウム電池モジュールは、コンパクトながら26 V・14 Ahの性能を持っており、これを搭載した電動スクーターで30 kmの連続走行を可能とした。



図5 新型HEV用リチウム二次電池モジュール

新規開発の高性能リチウム二次電池を採用し、容積を30%低減した(2003年東京モーターショーに参考出展)。

度および電池容量密度を従来の1.5倍に向上させた新規リチウム二次電池を開発した⁷⁾。この電池は、電解液の改良により、低温性能も従来電池の2倍に向上している。

これらの性能の向上により、電池モジュールを小型、軽量化することが可能になる。現在、この電池を用いた新型HEV用モジュールの開発を進めている(図5参照)。

4 おわりに

ここでは、エレクトリックパワートレインの電源に用いられる高出力・大容量の車載用リチウム二次電池について述べた。

日立グループは、今後も電池の高性能化を推進し、エレクトリックパワートレインのためのトータルソリューションを提案することにより、温暖化防止をはじめとする地球環境の保護に貢献していく考えである。

参考文献

- 1)新井：ハイブリッド電気自動車用リチウム二次電池，Material Stage，3，p. 19(2003.3)
- 2)弘中，外：電気自動車用マンガン系リチウムイオン電池，新神戸テクニカルレポート，10，p. 3(1999.3)
- 3)小関，外：軽車両用リチウムイオン電池の開発，新神戸テクニカルレポート，13，p. 3(2003.3)
- 4)金子，外：省保守で環境に優しい車両電気システム，日立評論，85，8，549～552(2003.8)
- 5)西野，外：リチウムイオン電池搭載2人乗りカード「キャリーECO2ML」の開発，新神戸テクニカルレポート，13，p. 9(2003.3)
- 6)日立評論，86，1，p. 15(2004.1)
- 7)前島，外：高出力，長寿命HEV用リチウムイオン電池の開発，新神戸テクニカルレポート，14，p. 3(2004.2)

執筆者紹介



新井 寿一

1991年日立製作所入社，日立研究所 二次電池部 所属
現在，リチウム二次電池の研究開発に従事
工学博士
電気化学協会会員，Electrochemical Society会員
E-mail：jarai@hrl.hitachi.co.jp



村中 廉

1979年日立製作所入社，日立研究所 二次電池部 所属
現在，リチウム二次電池の研究開発に従事
工学博士
電気化学協会会員
E-mail：mura@hrl.hitachi.co.jp



小関 満

1976年新神戸電機株式会社入社，技術開発本部 EV開発部 所属
現在，車載用リチウム電池の開発に従事
電気化学協会会員
E-mail：m.koseki@shinkobe-denki.co.jp