

# 電動車両用リチウムイオン電池

Lithium-ion Battery for HEVs, PHEVs, and EVs

**並木 文博** Namiki Fumihiro    **前島 敏和** Maeshima Toshikazu    **井上 康介** Inoue Kosuke  
**河合 英正** Kawai Hidemasa    **西原 昭二** Saibara Shoji    **南都 利之** Nanto Toshiyuki

日立ビークルエナジー株式会社は、2005年からハイブリッド自動車向けリチウムイオン電池の量産を開始し、2012年度末で累計約8万台分の電池パックを市場に出してきた。2013年7月からは第3.5世代電池パックの生産を開始するとともに、今後大きな拡大が期待できる電動車両市場に向けて次世代技術の開発を進めている。日立グループは、市場で培った高信頼性技術と、先進技術で顧客ニーズに応え、電動車両の普及を図り、自動車の排出ガスの抑制に取り組んでいく。

## 1. はじめに

国際連合の発表によると、地球温暖化が2001年以降過去最大のペースで進んでいる。海面はほぼ2倍のペースで上昇し、熱波に関連した死者は約20倍に増加した。また、PM2.5<sup>※1)</sup>濃度に代表される大気汚染が、深刻化している地域もある。これらの環境問題の主要因の1つが自動車の排出ガスであり、自動車の台数は新興国を中心に今後も増大していく。このような状況において、自動車の環境負荷を軽減することは世界共通のテーマと言っても過言ではない。

## 2. 市場環境とこれまでの実績

### 2.1 電動車両の市場予測

環境意識が高まる中、各国は自動車の排出ガスの規制を強化している(図1参照)。欧州では、1 kmの走行で排出されるCO<sub>2</sub>の量を、現行の130 gから2020年には95 gに削減することを目標としている。ガソリン車の燃費改善だけでは達成不可能であり、HEV (Hybrid Electric Vehicle: ハイブリッド自動車)、PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle: プラグインハイブリッド自動車)、EV (Electric Vehicle: 電気自動車)などの電動車両の本格的な導入が必

須となっている。

一方で、電動車両の市場予測は下方修正が続いている。株式会社富士経済によると、2020年時点での電動車両市場は、2012年末の予測で1,300万台から960万台に減少する見通しである。主な原因はEV/PHEVの伸び悩みで、EVは走行距離の短さや充電設備の不足が影響している。このような中、HEVは堅調な伸びが予想され、2020年時点での市場規模は700万台と2012年比4倍の伸びが期待される。

### 2.2 日立ビークルエナジーの実績

日立ビークルエナジーは1999年に世界に先駆け電動車両用リチウムイオン電池を商品化し、現在までに累計約420万セル、車両数換算で約8万台の市場実績を積んできた。

第2世代電池パックは、商用車および東日本旅客鉄道株式会社のハイブリッド気動車などに広く採用されている。第3世代電池パックはGM社 (General Motors Corporation) のHEVに採用され、現在までに累積6万5,000台以上を出



図1 | 主要各国の排出ガス規制動向  
2025年までの世界各地の規制予想値を示す。

※1) 大気中に浮遊している2.5 μm (1 μmは1 mmの1,000分の1)以下の微小粒子状物質のこと。

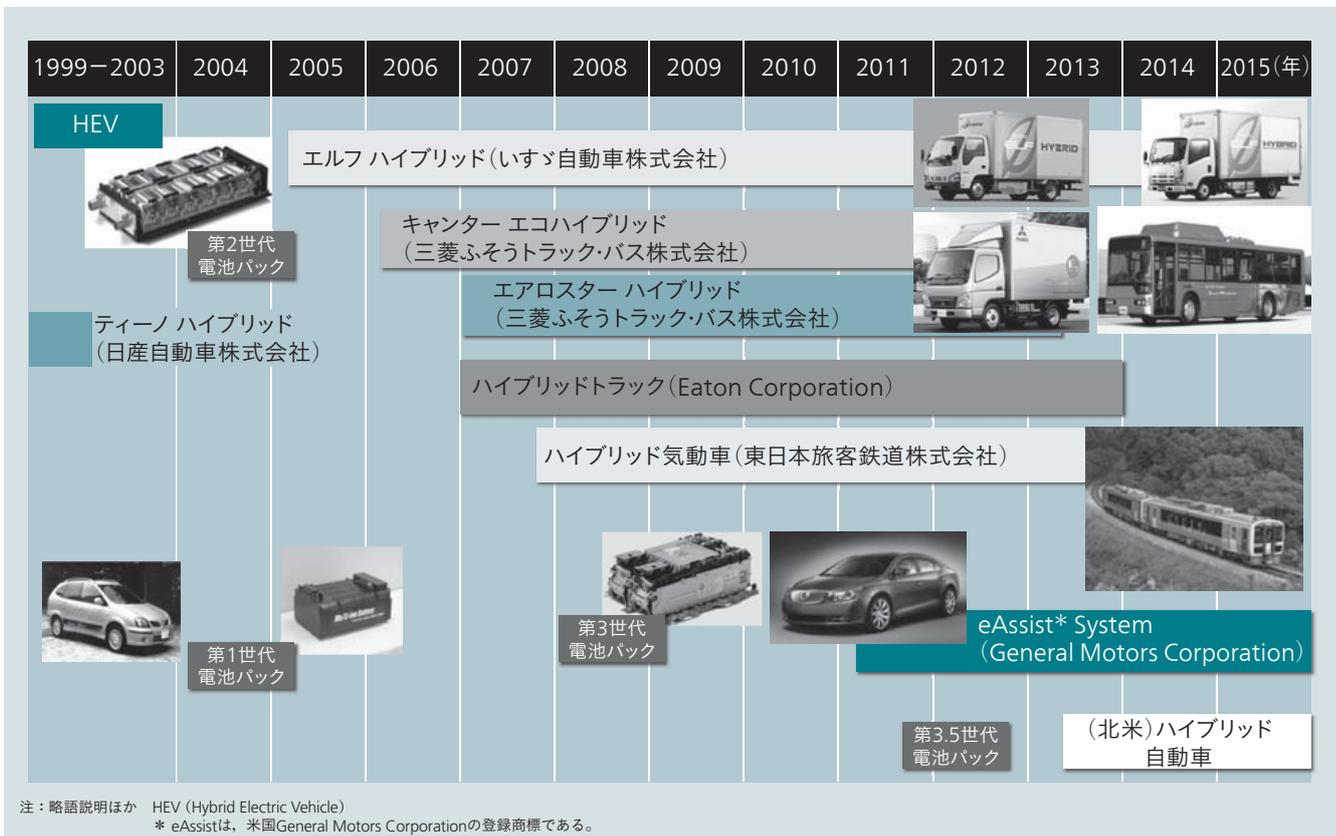


図2 電動車両用リチウムイオン電池の搭載実績  
1999年以降現在までに日立ビークルエナジー製品が採用された主な車両を示す。

荷した。これら長年の市場実績に裏付けされた品質，安全性を基礎に2013年7月から第3.5世代電池パックの量産を開始した（図2参照）。

### 3. 第3.5世代電池パックの開発

2013年北米市場上市の乗用車向けに，第3.5世代電池パックを開発した。この電池パックは車両の加速時におけるパワーアシストやエンジン始動時の補助，減速・制動時の回生入力などの機能を有している。

この電池パックは日立オートモティブシステムズアメリカ

カズ (Hitachi Automotive Systems Americas, Inc.) のケンタッキー工場生産している。

### 3.1 電池パックの構成

第3.5世代電池パックは，円筒形電池セルから成る電池モジュール，BMS (Battery Management System：電池制御システム)，電気的に強電回路を接続遮断するジャンクションボックス，および手動で機械的に強電回路を遮断するサービスディスコネクトスイッチなどの構成部品を1つの箱型筐(きょう)体内に収納させたものである。電池パックの構成を図3に示す。

3個の電池モジュール間は，ワイヤハーネスで接続している。この電池パックの主な仕様を表1に示す。

表1 電池パックの主な仕様

第3.5世代電池パックの仕様一覧を示す。

項目	仕様	備考
電力量	634 Wh	
容量	4.4 Ah	
電圧	144 V	SOC50%
入力	19 kW	25°C, SOC50%, 10秒目
出力	17 kW	25°C, SOC50%, 10秒目
動作温度	-30°C~+60°C	
質量	29 kg以下	
外形寸法	W 744×D 427×H 93 (mm)	

注：略語説明 SOC (State of Charge)

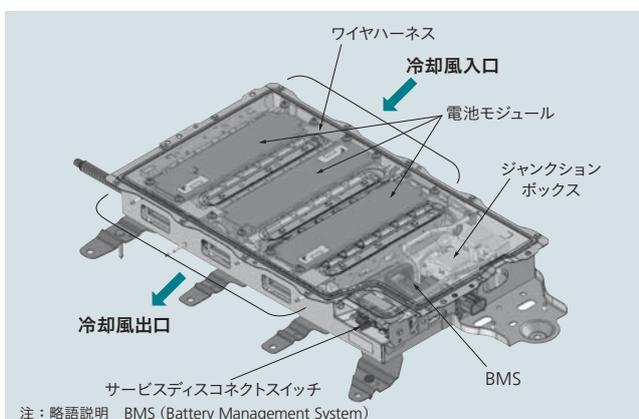


図3 電池パック部品構成

今回開発の電池パックは，電池モジュール，BMS，ジャンクションボックス，サービスディスコネクトスイッチなどから成る。

### 3.1.1 電池モジュール

電池モジュールは金属製の箱型筐体に収納され、1つの電池モジュールには、12個～14個の電池セルが収納されている。電池モジュールの部品構成を図4に示す。各電池セルを、樹脂製の上・中・下フレームの3つの部材で挟み込む構成とし、電池セルの上下列を千鳥配列とすることで、約93 mmの低背を実現した。また、各電池セルの間には冷却用の空気流路を確保し、各モジュールを電池パック内に3列に並べて冷却風入口（図3参照）からの冷却流

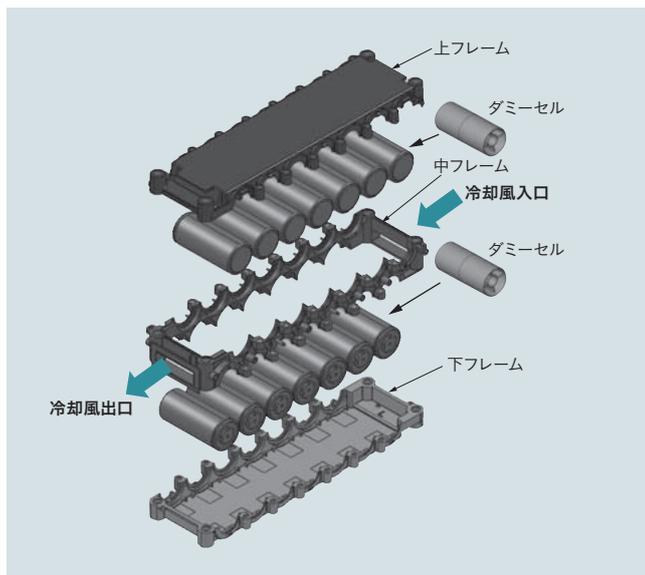


図4 | モジュール部品構成  
冷却流路を考えた上中下3つのフレームと電池セルから成る。

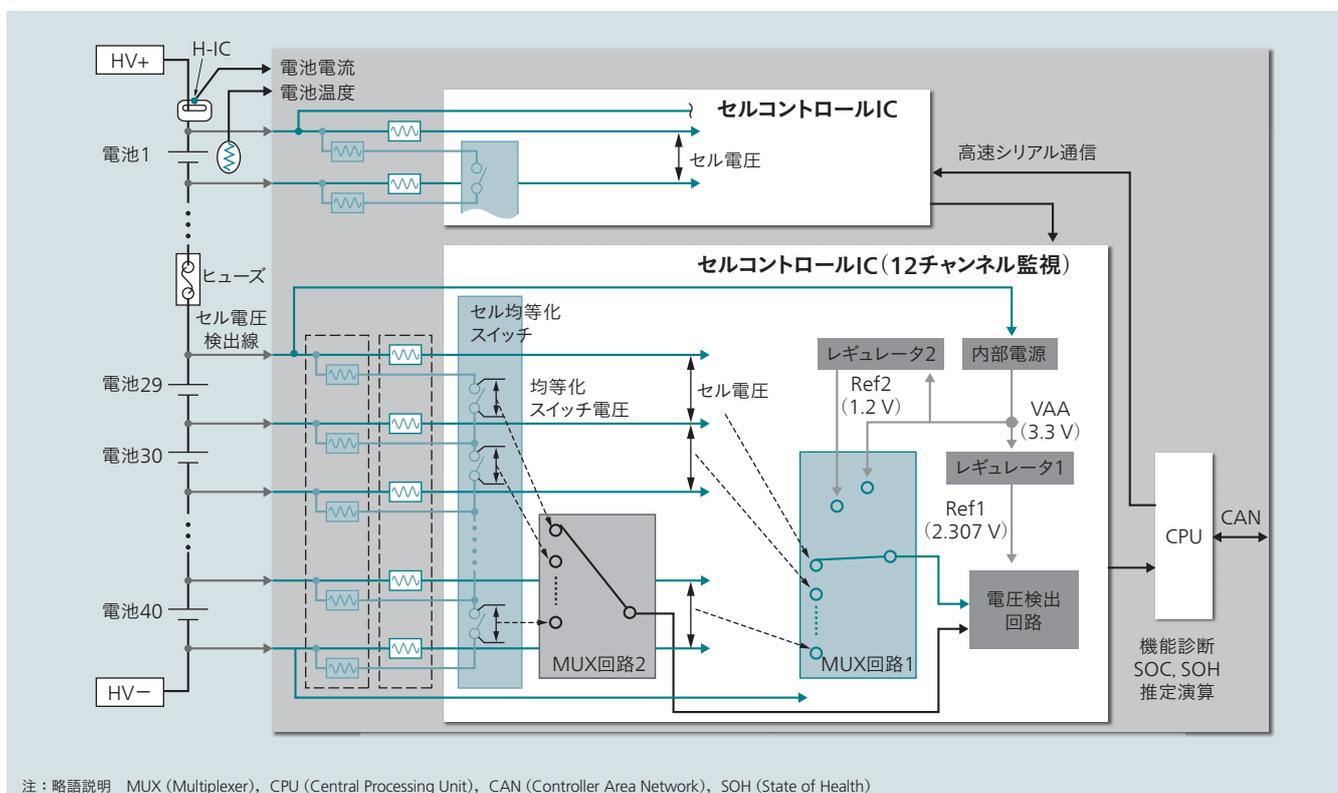
路を分けることで、冷却性能を確保した。また、電池セル間は銅板を使用し、溶接接合によって全電池セルを直列接続している。

### 3.1.2 BMS

BMSは、電池パックおよび電池セルの情報を車両側にある上位コントローラにCAN (Controller Area Network) で送信し、その指示を受信し、電池パックおよび電池セルを制御する。BMSの構成を図5に示す。BMSは、全電池セルの状態の計測機能(電圧・電流・温度)、電池セルの状態推定機能であるSOC (State of Charge: 電池残存容量) やSOH (State of Health: 電池劣化度)、セル電圧の均等化機能、診断機能、診断ツールとの通信機能を有する。今回は新たに、北米の自己故障診断の規格OBD II (On-board Diagnosis II) に対応し、機能診断の追加として、回路故障、計測・推定信号の妥当性診断などを開発した。また診断ツール対応機能では自動車メーカー独自の診断ツールへの対応と合わせて、OBD IIの汎用診断ツールであるGST (Generic Scan Tool) への対応処理を開発した。

### 3.1.3 HEV用リチウムイオン電池セル

第3.5世代電池パックに搭載する円筒形電池セルは、HEV用に高性能と安全性を両立させた最適設計を行い2011年から量産を開始している<sup>1)</sup>。今回の開発においては、新規顧客にこの乗用車での市場実績が評価され、採用された。



注：略語説明 MUX (Multiplexer), CPU (Central Processing Unit), CAN (Controller Area Network), SOH (State of Health)

図5 | BMSの構成概略

BMSは、全電池セルの状態の計測機能、電池セルの状態推定機能、セル電圧の均等化機能、診断機能、診断ツールとの通信機能を有する。

### 3.2 セル組立ライン

日立グループは、電極サプライチェーンの最適化をねらい、円筒型電池セルの生産拠点を新たに京都府乙訓郡大山崎町に構築した(図6参照)。新たな電池生産ラインは、既設ライン比で投資効率を約2倍にし、ランニングコストの半減などを達成している。新生産ラインの構築によって円筒形電池セルの総生産能力は月産100万セル超に到達し、競争力のある高効率な生産体制を実現した。今回の設計開発拠点と地理的に離れたセル生産拠点立ち上げの経験も踏まえ、今後のグローバル展開を推進する。

### 3.3 電池パック組立ライン

2012年12月、日立オートモティブシステムズアメリカズのケンタッキー工場に電池パック生産ラインを構築した(図7参照)。この製品の立ち上げは、試作フェーズは国内での生産とし、先行量産から北米生産に移行、かつ現地調達部品の採用というように、日米相互の協力により遂行した。2013年1月からの量産試作を経て、7月から量産を開始した。今回の日米相互の協力による短期での生産ライン構築の手法は、今後の新製品立ち上げあるいは、グローバル拠点における地産地消のニーズに対応する基盤となる。



図6 | セル組立ライン新建屋

京都府乙訓郡大山崎町のセル組立ライン建屋外観イメージを示す。



図7 | 電池パック組立ライン

米国の日立オートモティブシステムズアメリカズのケンタッキー工場の電池パック組立ラインを示す。

## 4. 電池セル技術

次に、次世代のリチウムイオン電池セルとして開発中の角形電池セルについて述べる。

### 4.1 HEV用リチウムイオン電池セルの開発

車両の多様化に応えるために、前述の円筒形電池セルに加えて角形電池セルを開発した。円筒形電池セルの技術蓄積を角形電池セルへ展開し、さらに低温環境下での出力特性を向上するため、材料面において結晶制御など最適粒子設計を用いた新規材料を採用した。加えて、電極の薄膜化など反応抵抗の低減策も織り込み出力向上を図った。電池の外観、主要諸元を図8に、性能検証の結果を図9にそれぞれ示す。10万サイクル後において95%の出力維持率が得られ、円筒形電池セルと同レベルの長寿命・高信頼性を確保している。

また、 $-30^{\circ}\text{C}$ 環境下での出力を図10に示す。従来比1.3倍となる良好な低温出力を実現した。



図8 | HEV向け角形リチウムイオン電池の外観と仕様  
出力向上を図ったHEV用角形電池を示す。

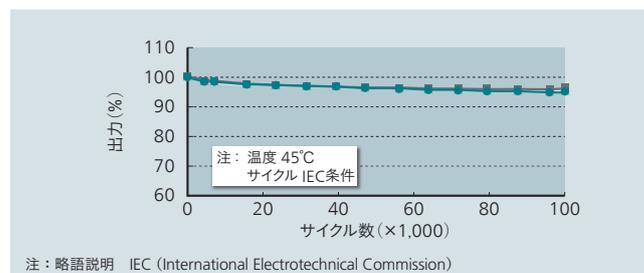


図9 | 寿命特性

10万サイクル後に95%の出力維持率が得られた。

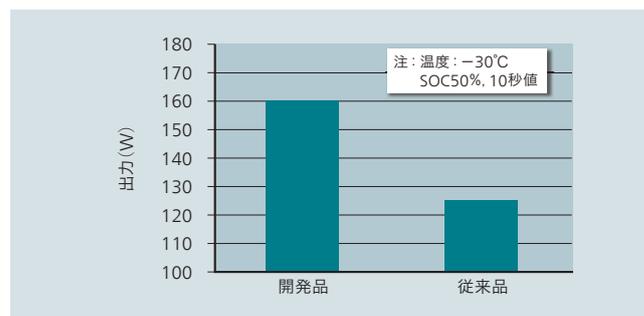


図10 | 低温での出力

従来比1.3倍の低温出力特性を示す。



図11 | PHEV/EV用リチウムイオン電池の外観と仕様  
高エネルギー(EV走行)と高出力(HEV走行)を両立させた高安全性のPHEV/EV用角形電池を示す。

## 4.2 PHEV/EV用リチウムイオン電池セル

一方、高エネルギー型電池セルとして、PHEV/EV用角形電池セルを開発中である。EV走行とHEV走行を使い分け、大幅な燃費改善と排出ガス抑制可能なPHEVが注目されている。この電源として高エネルギー(EV走行)かつ高出力(HEV走行)の電池セルを開発している。両者は電池設計上相反する特性であるが、角形電池セルの低抵抗化構造と電極活物質の組成と電極厚みの最適化により両立を可能とした。外観と仕様を図11に示す。また、高エネルギー化に伴う安全性の確保にはセラミックセパレータの採用、新電解液添加材の開発などで対応した。

なお、次世代の高エネルギー型電池は、日立製作所と共同で、2012年度からスタートした独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)助成事業「リチウムイオン電池応用・実用化先端技術開発事業」に参画し、開発の一部を進めている。

## 5. おわりに

ここでは、第3.5世代電池パックとそこに搭載された新規開発の電池制御システム技術、次世代の電池セルとして開発中の高出力セル、および高容量セルについて述べた。

このような次世代の電池セルと電池制御システム技術、およびグローバル展開に対応する生産体制の構築を背景に、電動車両の普及を後押しし、よりコストパフォーマンスが高い車載用リチウムイオン電池の供給を可能にする。

## 参考文献

- 1) 創業100周年記念特集シリーズ 電池・電動コンポーネント、日立評論、92、12(2010.12)
- 2) 高橋、外：低炭素社会を支えるリチウムイオン電池とその材料技術、日立評論、95、5、358~363(2013.5)

## 執筆者紹介



### 並木 文博

2007年日立製作所入社、日立ビークルエナジー株式会社 事業企画部 所属  
現在、リチウムイオン電池事業の企画に従事



### 前島 敏和

1992年新神戸電機株式会社入社、日立ビークルエナジー株式会社 BBX統括センタ 所属  
現在、HEV用リチウムイオン電池の設計・開発に従事



### 井上 康介

1991年日立製作所入社、日立ビークルエナジー株式会社 生産本部 生産技術部 所属  
現在、リチウムイオン電池セル生産ラインの構築に従事  
技術士(機械部門)



### 河合 英正

2009年日立製作所入社、日立ビークルエナジー株式会社 設計開発本部 電池設計部 所属  
現在、HEV用電池の開発マネジメントに従事



### 西原 昭二

1986年日立マクセル株式会社入社、日立ビークルエナジー株式会社 設計開発本部 電池設計部 所属  
現在、PHEV/EV用電池の開発マネジメントに従事



### 南都 利之

2007年日立製作所入社、日立ビークルエナジー株式会社 設計開発本部 設計企画部 所属  
現在、リチウムイオン電池製品の設計企画に従事