

リチウムイオン電池による
電池電源ソリューション

Energy Storage Solutions Utilizing Lithium-ion Batteries

柴田 敏郎
Shibata Toshiro須藤 一徳
Sudo Kazunori金澤 義一
Kanazawa Yoshikazu

地球環境への配慮，エネルギー利用の効率化の観点から，リチウムイオン電池を民生品・自動車向け以外の産業用に利用するニーズが高まっている。産業分野でのリチウムイオン電池の活用には，その「使いこなし」の技術力が必要である。使いこなすにはリチウムイオン電池そのものに加え，負荷となる装置・システムの知見が必須となる。

日立グループは，電池本体はもちろんのこと，発電プラントをはじめとする数多くの負荷の対象となる製品・システムを幅広く手がけている。この技術的背景により，産業用として世界に先がけたシステムの実用化を実現させている。

1. はじめに

地球気候変動対策に端を発するCO₂排出量削減の取り組み，すなわち化石エネルギー資源の効率的利用や，太陽光・風力など新エネルギーの導入が進み，電気自動車の普及の兆しも見られるようになってきた。こうした背景を受け，電力貯蔵が大きな効果を持つとの期待や，ニーズが高まってきている。

電力は生産（発電）と消費が同時に行われ，貯蔵が難しく電力搬送線も必要とするなど，その利用には時間的・空間的な制約が大きい。こうした制約を取り払うのが電池の大きな機能であり，最近のリチウムイオン電池の出力・容量面での改善は，これらのニーズへ十分に応えられる水準へと進化してきている。実用化の際に必要なのが，リチウムイオン電池を上記の社会的要請に応える電源ソリューションとして組み上げていく技術である。

ここでは，電池電源ソリューションの実現に際し，負荷側のシステム・装置の知見・経験の重要性，リチウムイオン電池にかかわる保有関連要素技術，およびこれらが結実した事例について述べる。

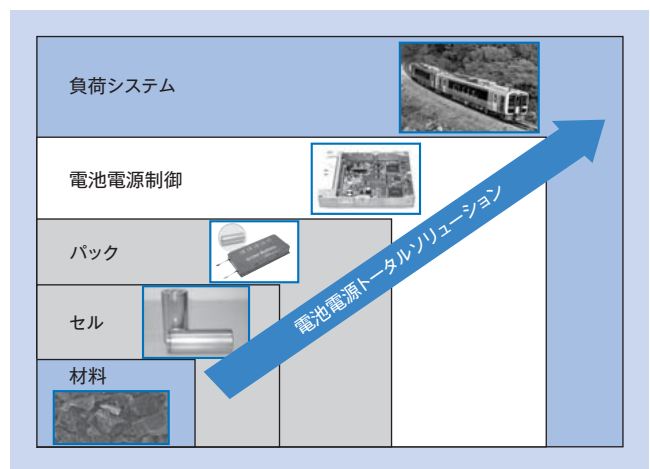


図1 | 電池電源トータルソリューションへ

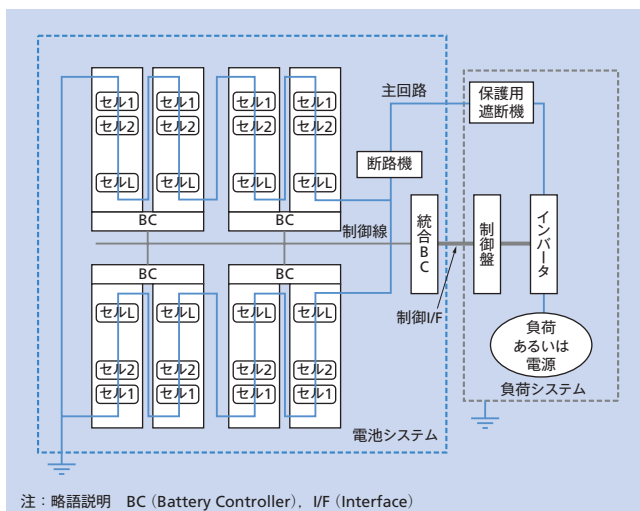
電池電源制御は電池セルと負荷システムの間位置し，その両方の知見が最適設計には必要である。

2. 電池電源ソリューションに向けた日立グループの総合力

セル電圧約3.7Vのリチウムイオン電池を，各種負荷装置・システムが要求する電圧・電流に持ち上げるためには，複数のセルを直列・並列化し，組み電池として構成する。この際に，電池の特性と負荷システムの特性・挙動が設計上の重要な要素となる。日立グループは，リチウムイオン電池の材料・電極から，各種セル，電池パック，電池電源制御システム，負荷となる各種システム・ソリューションの設計・製造を行っており，電池電源ソリューションを最適に設計するうえで有利な環境を有している（図1参照）。

3. リチウムイオン電池の使いこなし

リチウムイオン電池セルを，単純に直並列を重ねて所定の電圧と電流・電力に持ち上げても，組み電池としてその性能と寿命は容易には確保できない。負荷となる装置・システムの挙動と，それに伴って生ずる充放電の挙動を把握し，その目的に応じた設計をすることが，電池システムと



注：略語説明 BC (Battery Controller), IF (Interface)

図2 | 概念的負荷システムおよび電池システム

インバータを介して接続される負荷（あるいは電源）の理解のうえに電池システムと制御スキームが決定される。

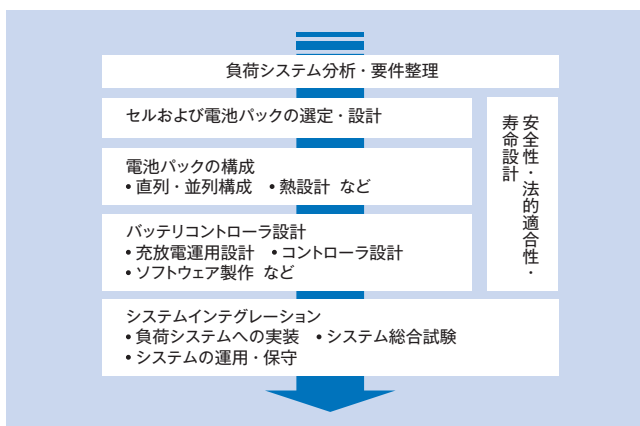


図3 | 電池電源エンジニアリングのフロー

一般的なエンジニアリングフローであるが、安全性・法的適合性・寿命設計は一貫して行われる。

しての性能と寿命を大きく左右する。リチウムイオン電池によるシステムはアナログ的であり、「使いこなし」には豊富な経験とノウハウが必要である。

産業用に要求される電池電源の出力、電圧、電流などの規模は、携帯電話などの民生用機器に比べて非常に大きく、産業用電池電源の開発の難易度はきわめて高い。設計するうえで重要なことは、負荷側のシステムの理解であり、これが最適設計の最重要点かつ出発点である。

日立グループは総合電機メーカーとして、さまざまな電機機器・システム・ソリューションを提供してきており、機器の開発・設計・製造を通して負荷側システムを熟知している。この知見を集約して最適な電池システムを提供していくことができる（図2、図3参照）。

4. 電池電源ソリューションを支える日立グループの技術

リチウムイオン電池電源の最適設計に負荷システムの知見を欠くことはできないが、リチウムイオン電池を構成する要素技術もその製品力に大きな影響を与える。主要要素

技術について以下に述べる。

4.1 材料技術

リチウムイオン電池の電極材料の合成から試作評価まで、一貫したプロセスによる材料開発を行っている。また電極界面反応、劣化メカニズムの総合解析基盤を駆使し、新規開発材料の評価を行うとともに、より高い性能を持つリチウムイオン電池セルの開発を進めている。

4.2 リチウムイオン電池

出力重視のハイブリッド自動車用から、容量重視のバックアップ電源向けフロート用など、産業用途に向けた種々のリチウムイオン電池を有している（図4参照）。

4.3 リチウムイオン電池制御IC

リチウムイオン電池は過電流・過充電・過放電から電池セルを守る保護回路が必要である。保護回路は制御IC (Integrated Circuit) として、単セル用から複数のセルを直列にしたノートPC用、電動工具用などの電池セルの監視ICを開発している（図5参照）。

また、多数のセルを直列構成して、ハイブリッド自動車の電動パワートレインに要求される、高電圧を発生するリチウムイオン電池パック用の専用ICも開発している。

4.4 バッテリコントローラ

産業用電池は、負荷側システム所要の電力、電圧電流を実現するために複数のセルを直列接続した電池パックを構成し、さらにその電池パックを直列・並列化してシステム

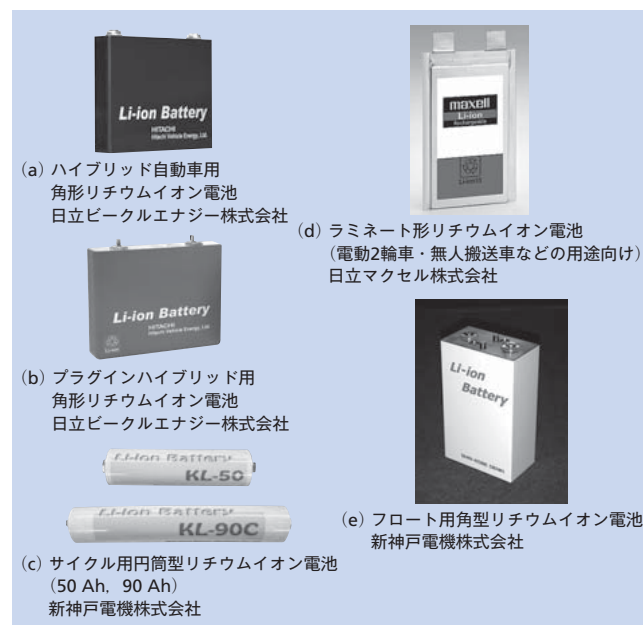


図4 | リチウムイオン電池の例

日立グループの各種産業用途向けリチウムイオン電池の例を示す。

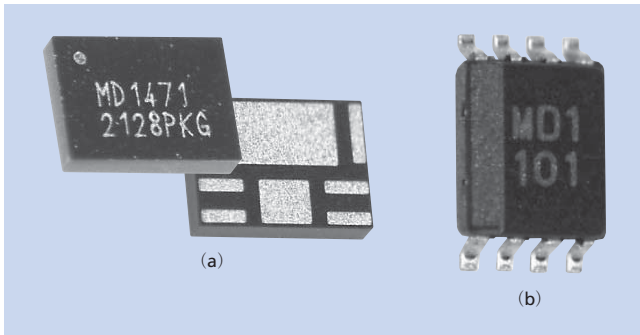


図5 | 制御IC (Integrated Circuit) の例 (株式会社日立超LSIシステムズ製) MD1471 1セル直列用2 in 1 [監視IC+FET (Field Effect Transistor)] を (a) に、MD1101 3, 4セル直列用 (重荷PC用電池バック用途) を (b) に示す。

を構成する。個々のセルの充放電状況を監視し、バランスを維持する制御が重要である。またそれを負荷側のシステムに表示し、システムの適切な運転が可能のように、その状況を表示する必要もある。これを担うのが、バッテリーコントローラである (図6, 図7参照)。

日立グループは、ハイブリッド自動車用の個々の電池パックを管理するバッテリーコントローラを基本に、複数の直列・並列化された電池パック郡全体を管理する統合バッテリーコントローラに発展させ、種々のアプリケーションに対応している。

4.5 ナレッジベースとしてのアプリケーション群

原子力・火力・水力・風力などの発電プラントをはじめ

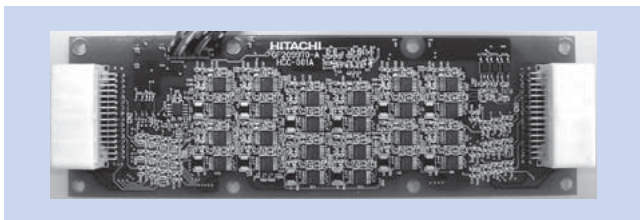


図6 | ハイブリッド自動車電池パック用バッテリーコントローラの例 複数のセルを直列接続して構成した電池パック単体を管理するバッテリーコントローラの例を示す。専用制御ICを用いており、単電池電圧検出・温度検出・過充電、過放電、過温度検出・バランスング・通信機能を有する。

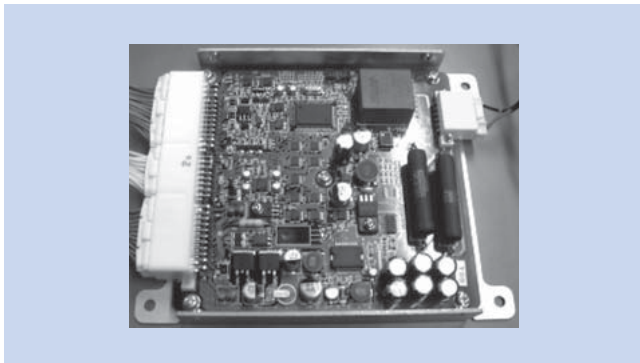


図7 | ハイブリッド自動車電池システム用統合バッテリーコントローラの例 電池パックを複数接続して構成した電池パック群を管理する統合バッテリーコントローラの例を示す。総電圧、電流、温度検出・残量、劣化度、許容電流演算・監視、保護 (電圧、電流、温度、漏電)・温度管理・充電器制御・履歴管理・通信機能を有する。

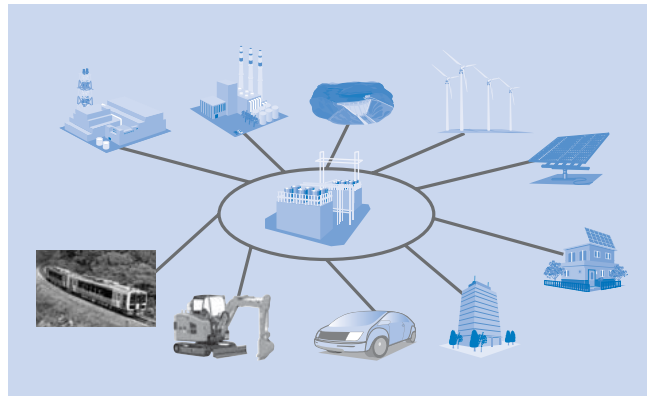


図8 | 電池電源ソリューションを支える日立グループの総合力 日立グループの製品は電力の発生から消費までをカバーしている。電力の貯蔵はこれらの多くの局面で要求され、リチウムイオン電池を使いこなす場が存在する。

とし、負荷となる鉄道車両、ビルシステム、ハイブリッド自動車機器など、さまざまな製品・システムを手がけてきた知識と経験が、最適な電池電源ソリューションを実現する技術力の源泉となっている。これらのシステム・製品は日立グループの各関連部署で分担されているが、研究部門・事業部門・営業部門が有機的に連携し、必要な知識・経験が課題解決に向かって収斂 (れん) し、大きなナレッジベースとなっている (図8参照)。

5. 電池電源ソリューション事例

5.1 ハイブリッド自動車用電池システム

日立グループは、2004年に自動車用リチウムイオン電池の開発製造を行う日立ビークルエナジー株式会社を設立し、材料からバッテリーコントローラまでの一貫した技術開発とモノづくりを進め、世界に先駆けてハイブリッド自動車のリチウムイオン電池を市場に投入した。現在は第二世代と称される製品が主力である。これは、正極にマンガン系を、負極には非晶質炭素を使用したセルを組み電池としたもので、累計販売数は120万セル以上に達し、高信頼性・長寿命を実証している [図9 (a) 参照]。

日立ビークルエナジー株式会社のリチウムイオン電池は、自動車だけにとどまらず、ハイブリッド自動車同様の高信頼性・長寿命を要求され、力行、制動 (電力回生) を短周期で繰り返す点も類似する鉄道システムにも応用されている。

5.2 ハイブリッド気動車

鉄道車両においてもエネルギーの効率化、高い環境性能が求められる。非電化区間を走るディーゼルカーでは、制動エネルギーの回生とエンジンの高効率回転領域運転のために、ハイブリッド化が進められた。日立製作所は、東日本旅客鉄道株式会社の「キハE200形一般気動車用ハイブ

リッド駆動システム」を受注・納入し、世界初の実用化を達成した。

リチウムイオン電池は、日立ビークルエナジーの第二世代電池を搭載している。単に搭載するだけでなく、事前に気動車に搭載した場合の力行、惰行、制動(回生)の電池を含むパワートレインの挙動を十分に評価・検証したうえで実装を行っている。鉄道システムの知見と経験がきわめて重要であることの実例だと言える〔図9 (b) 参照〕。

5.3 電力貯蔵鉄道用変電システム

都市近郊の電気鉄道は駅間が短く、力行、制動が頻繁であるため、従来より制動時の電力回生が行われている。この回生運転時にその負荷となる力行列車が周辺に存在しない場合にも回生を有効にし、き電線電圧を安定化させることを目的として、リチウムイオン電池を適用した蓄電池式回生電力吸収装置B-CHOPを開発し納入した。開発にあたっては日立製作所が持つ鉄道総合電力シミュレータ「New-Jumps」を活用し、電力貯蔵ができる電力回生の有効性を事前に十分に評価して最適なシステム設計を行った。電気鉄道車両、鉄道運行管理、き電変電所システムなどさまざまな技術を持ち、系として電力供給全体の知見を有することが、ここでも実用化の欠くことのできない要素となっている〔図9 (c) 参照〕。

5.4 バッテリミニショベル

建設機械においては、工事現場の周囲環境保全の要請から、騒音、排気ガスの問題に対する対策が強く求められる場合がある。また、施主の方針としてCO₂排出削減努力を具体的に工事請負者に求めることもある。このような

ニーズに応え、日立建機株式会社は、エンジンの代わりにアクチュエータの動力を本体内蔵のリチウムイオン電池から供給するリチウムイオンバッテリーショベルを開発・製品化している。2006年から7t、5tクラスを納入してきており、2010年度末より、長時間運転が可能な3.5tクラスを市場に投入する。バッテリー関連は日立建機と新神戸電機株式会社が共同開発した(図9 (d) 参照)。

6. おわりに

ここでは、電池電源ソリューションの実現に際し、負荷側のシステム・装置の知見・経験の重要性、リチウムイオン電池にかかわる保有関連要素技術、およびこれらが結実した実例について述べた。

今後リチウムイオン電池の電源システムへの応用は、前述したアプリケーションに限らず、幅広く展開されることが予想される。そのときに重要なことは、リチウムイオン電池を使いこなす幅広い総合技術力である。日立製作所電池システム社では、2010年8月1日付で「エンジニアリング本部」を設置した。リチウムイオン電池を日立グループの総合力で「使いこなし」、顧客へソリューションとして提供することをミッションとしている。今後は同本部を中心に関連部門と連携し、顧客のニーズに合致するさまざまなソリューションの開拓を強化していく。

参考文献など

- 丸山, 外: 自動車用リチウムイオン二次電池, 日立評論, 91, 10, 772~775 (2009.10)
- 徳山, 外: 環境負荷を低減するハイブリッド駆動システムの実用化, 日立評論, 89, 11, 830~833 (2007.11)
- 高橋, 外: 電力貯蔵鉄道用変電システム, 日立評論, 89, 11, 834~837 (2007.11)
- 日立建機株式会社プレスリリース, <http://www.hitachi-kenki.co.jp/news/press/PR20100616142717876.html>

執筆者紹介



柴田 敏郎
1975年日立製作所入社、電池システム社 事業統括本部 所属
現在、産業用電池電源ソリューション事業開発に従事
中小企業診断士
IEEE会員



須藤 一徳
1985年日立製作所入社、電池システム社 事業統括本部 所属
現在、産業用電池電源ソリューション事業開発に従事



金澤 義一
2007年日立製作所入社、電池システム社 事業統括本部 所属
現在、産業用電池電源ソリューション事業開発に従事



図9 | リチウムイオン電池の産業向け応用事例
日立グループのリチウムイオン電池を産業向け用途に応用した事例を示す。