

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

Lithium Ion Battery and Materials Technology for Low-carbon Society

高橋 心 喜多 房次 山田 将之 西原 昭二
Takahashi Shin Kita Fusaji Yamada Masayuki Saibara Shoji
椎木 正敏 神崎 壽夫 住谷 圭二
Shiiki Masatoshi Kanzaki Hisao Sumiya Keiji

リチウムイオン電池は、携帯電話などの民生用途、ハイブリッド電気自動車などの車載用途、再生可能エネルギーの出力平準化のための産業用途など、低炭素社会を支えるキーデバイスとして適用範囲がますます広がっている。これらの用途に適合する電池には、高安全・高信頼性の確保と、高容量・高出力・長寿命化が求められる。日立グループは、幅広い分野にわたる技術を融合させ、材料から電極・電池まで一貫した技術を生かした電池開発を進めている。

1. はじめに

リチウムイオン電池 (Lithium Ion Battery) (以下、LIBと記す。) の特徴は、高容量・高出力が可能な点であり、日立グループは、民生・車載・産業の各用途に応じた電池技術によって高性能化を図っている。また、電池材料技術においても、安全性を確保するセパレータ材料や、高容量かつ長寿命を実現する負極材料および関連材料の開発に取り組んでいる。

ここでは、各用途向けに開発した LIB 技術、およびそれを支える材料技術と展望について述べる。

2. 正極/負極材料および関連電池材料

1991年に製品化された LIB は、携帯電話や PC (Personal Computer) などの小型モバイル機器向け、HEV (Hybrid Electric Vehicle) や EV (Electric Vehicle) などの環境対応車向け、さらに東日本大震災後の再生可能エネルギー政策などによる産業用途向けの市場が拡大し、2020年には10兆円規模の基幹産業に成長することが予想されている¹⁾。一方、特性面ではさらなる高エネルギー密度、長寿命化、高安全化、低コスト化などについてブレークスルーが求められており、新材料も含めた新たな技術開発が必須という状況にある。

LIBの主要材料には以下の一般的な共通課題が挙げら

れ²⁾、用途や使い方に応じた要求特性の実現に向けてさまざまな材料開発が進められている。

- (1) 正極材：高容量化、電子伝導性向上、高速充放電対応など
- (2) 負極材：高容量化、サイクル特性向上など
- (3) セパレータ：安全性向上 (耐熱性とシャットダウン機能の両立) など
- (4) 電解液：難燃性、不燃性、Li (リチウム) イオン伝導性、浸透性など
- (5) バインダ樹脂：耐電解液性、高密着性など

日立グループは、保有するさまざまな有機・無機材料合成技術、プロセス技術などの材料関連技術をベースにして、高性能炭素系負極材をはじめとする LIB 材料の研究開発や製品化を進めてきた。その具体例として、日立グループで進めている正極/負極材料および関連電池材料について以下に紹介する。

2.1 ニッケル酸化物系正極材料

民生用 LIB の正極材料として広く使われているコバルト酸リチウム (LiCoO_2) の代替として、ニッケル酸リチウム (LiNiO_2) やニッケル (Ni)・コバルト (Co)・マンガン (Mn) 複合酸化物 ($\text{Li}[\text{Ni}_{1-x-y}\text{Co}_x\text{Mn}_y]\text{O}_2$) が提案されている。特に、 LiNiO_2 は高容量に加えて優れた温度特性を示すことから、民生用途だけでなく、車載用など産業用途にも検討されている。

$\text{LiNi}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_2$ の x と放電容量の関係を調べたところ、4.2 V の充電では $x=0.1$ で約 200 mAh g^{-1} の放電容量を得られることが分かった。一方、 LiNiO_2 は一般的に充電状態での構造安定性が低いため、サイクル特性や安全性が不十分であることが知られている。これは、Li-Ni間のカチオンミキシングと Ni-酸素の結合力が低いことが原因と考

えられる。そこで、日立マクセル株式会社は、Coの一部を等モルのマグネシウム (Mg) と Mn で置換し、構造の安定化を図った。その結果、約 200 mAh g⁻¹ の高容量を維持しつつ安全性やサイクル特性を改善することに成功した³⁾ (図1参照)。Mg置換によってNiのLiサイトへの移動を抑制し、また、Mn置換によって酸素との結合力を高めたことで、LiNiO₂の構造を安定化できたためと考えられる。

2.2 黒鉛系負極材料および次世代負極材料

LIBが1991年に製品化されて以来の高性能化の中で、高エネルギー密度化や大電流特性の向上への要求は現在も続いている⁴⁾。この間、炭素系材料がその主流材料の位置にあり続けているが、近年では化学量論的に炭素系材料よりも大きな容量が期待できるシリコン (Si)、スズ (Sn) などを利用した金属系負極材料や複合系材料も一部で実用化され始めている。しかし、これらの新規材料は、用途によってはサイクル特性などの課題が残っているため、従来の炭素系負極材の性能向上が引き続き求められている。

日立化成株式会社の炭素系負極材の中で、黒鉛系負極材は放電容量が黒鉛理論容量 (372 Ah/kg) に近い。大電流放電時の放電容量低下が少なく、急速充放電に優れ、さらに、高い電極密度でも放電容量低下が小さく、電池の高容量化に貢献できるなどの特長⁵⁾を持つため、用途や使い方に応じた材料開発／製品化が行われ、各方面に供給している (図2参照)。

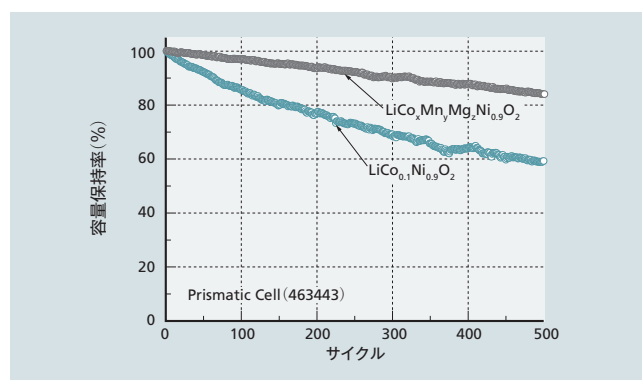


図1 | LiCo_xNi_{1-x}O₂: Mn, Mgの充放電サイクル特性

比較としてMn, Mgを置換しないLiCo_xNi_{1-x}O₂も示す。Mn, Mgの置換によって、500サイクル後の容量維持率が約20%改善した。

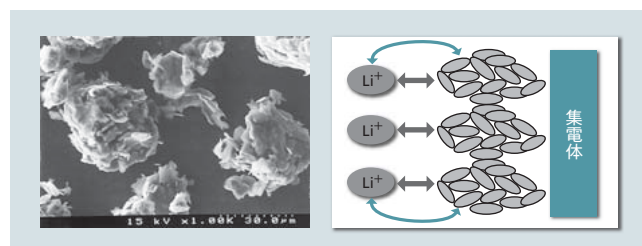


図2 | 黒鉛系負極材料の外観と主な特長

製品化した黒鉛系負極材料はユニークな塊状粒子構造によってLiイオンの高速拡散が容易になり、高容量、長寿命、急速充放電性の特長を有する。

一方、黒鉛理論容量以上の高容量化が要求される次世代負極材料に対しては、現在、炭素系材料の2倍以上の高容量化が可能な急速充放電特性に優れた次世代向け金属系負極材の実用化の検証を進めている。今後のさらなる性能向上に向け、研究開発、製品化を進めていく予定である。

2.3 シリコン系負極材料

黒鉛に代わる高容量負極材料として、SiやSnなど、Liと合金化する元素を含む材料が広く検討されている。Siは黒鉛の10倍以上である約4,000 mAh g⁻¹の理論容量を持つが、充放電時の体積変化が大きいため、サイクルによって微粉化する。微粉化による容量低下を抑制するため、日立マクセルは、Siナノ粒子が非晶質SiO₂ (二酸化ケイ素) 中に分散した構造を持つSiO (一酸化ケイ素) に着目した⁶⁾。SiO中のSiO₂マトリックスは、初回充電時にLiと反応してLi₄SiO₄などのケイ酸リチウムに変化する (図3参照)。この反応は不可逆であり、ケイ酸リチウムは良好なLiイオン伝導体であることが知られているため、Siナノ粒子を覆うマトリックスはLiイオンの移動パスの役割を果たすと考えられている⁷⁾。また、Siナノ粒子はLiを吸蔵して膨張しても微粒子状態を保っており、さらに周囲をマトリックスで固定されているため、サイクルによる微粉化が低減されている。

日立マクセルが開発したSiOとカーボンの複合負極の概略を図4に示す。この負極は高容量で優れたサイクル安定性を示し、新型のスマートフォン向けLIBに採用されている。また、SiOは粉末を塗料にして塗布するという従来の製造プロセスを踏襲できることから、大幅な製造設備の変更を必要としないことも実用化を促進させた理由の1つである。

2.4 セパレータ材料技術

LIBの高エネルギー密度化や高出力化に伴い、電流遮断

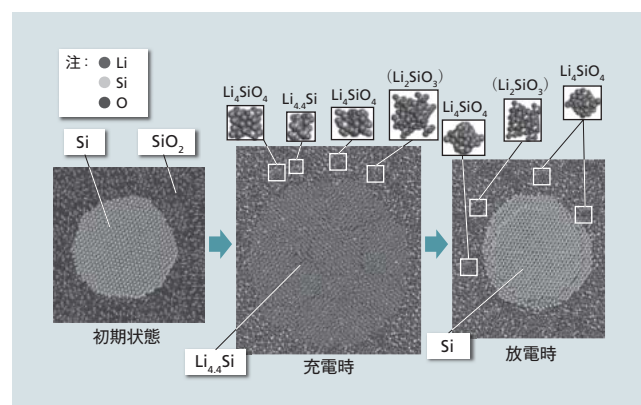


図3 | 分子動力学シミュレーションによる充放電時のSiO内部のスナップショット
ケイ酸リチウムマトリックスが初回充電時に形成されることが分かる。

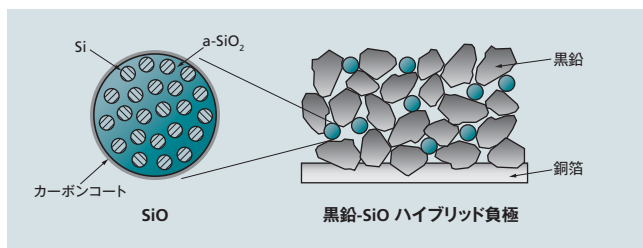


図4 | 日立マクセル株式会社が開発したSiOとカーボンの複合負極の概略
 充放電時におけるSiの膨張収縮は、SiO中のマトリックスと電極中のカーボンによって緩衝され、サイクルによる容量低下が抑制されている。

機能が十分に機能せず、電池内部の温度が150℃を超え、セパレータが破膜して発火に至る事故が発生している。その原因の1つとして、製造工程で混入した金属粉などの異物が引き金になり、一種の短絡を起こしたことが考えられている。

日立マクセルは、このような事故に対する安全性確保の観点から、ポリオレフィン微多孔膜の表面に微粒子無機層を形成した耐熱セパレータを開発してきた。微粒子無機層には板状のアルミニウム系酸化物を用い、磁気テープの開発で培ってきた分散塗布技術を生かして、ポリオレフィン微多孔膜と平行に板状粒子を配向塗布することで、積層状のセラミック耐熱多孔層を形成している。この耐熱層により、金属異物によるポリオレフィン微多孔膜の破膜や電池内部の異常高温時のポリオレフィン微多孔膜の収縮を抑制し、正極／負極の短絡を防止することができる。また、塗布層の厚みや微粒子充填（じゅうてん）率を変えることで、耐熱温度や機械強度を制御することも分かってきている。さらに、無機微多孔層によって電極近傍で均一に電解質を保持でき、孔形状の複雑化によるデンドライト状（樹脂状晶）Liの成長抑制も期待できる。

ポリオレフィン微多孔膜は、大電流が流れて150℃を超える高温になった場合に、ポリマーが溶融して孔をシャットダウンする機能を有する。微粒子無機層の形成により、この機能の低下が懸念されるが、ポリオレフィン微多孔膜と微粒子無機層の密着性を高めることで対策している。また、微粒子無機層による電池内部抵抗の上昇を避けるため、5 μm以下の薄膜化による透気度制御を行い、無塗布品と同等の特性を確保できている。

これらの微粒子無機層の技術により、負荷特性やサイクル特性などの電池特性を保持したまま、150℃を超える異常温度域での安全性を高めることができる耐熱性セパレータとなっている（図5参照）。

現在は、市場要求である低コストに対応するため、広幅化や高速生産化の検討を進めている。

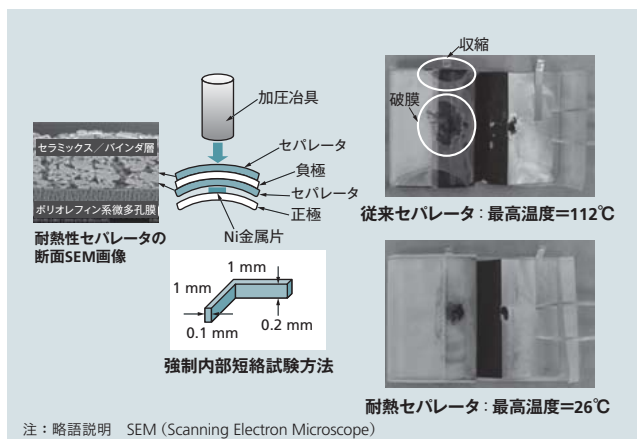


図5 | セパレータの強制短絡試験

従来のセパレータは、破膜や収縮によって正極／負極間で短絡し、最高温度（外部）が112℃に達する。それに対し、耐熱性セパレータは、圧力によって軽度の破膜は起こるが、収縮や発熱は観察されない。

2.5 バインダ樹脂

LIBの電極形成に不可欠なバインダ樹脂については、電池特性の高性能化に対応するため、耐電解液膨潤性と接着性に優れた新規の溶剤系アクリルバインダ樹脂を開発している⁸⁾。この溶剤系アクリルバインダ樹脂は高い接着性能を有し、少量でも比表面積の大きい活物質の特性を十分に引き出すことが可能であり、電極を高密度化したときの容量低下が少ないことから、電池の高容量化に有効である。

近年、環境や資源に関する問題が少ない負極電極形成用バインダ樹脂として、水分散系バインダの要求が高まっている。また、Si系など次世代金属系負極材は、充放電時の膨張／収縮の変化が黒鉛系負極と比較して大きいため、電極構造維持にはバインダの新たな機能向上が求められる。このため、日立化成は、これらの要求に応えた水分散系アクリルバインダ樹脂の開発に取り組み、以下の要素技術を確立している。

- (1) 架橋構造を制御して高温弾性率を向上させ、高温サイクル耐性を改善する。
- (2) モノマーを検討して高密着強度を実現する。
- (3) バインダの適度な分散性と被膜性を制御し、電極形成時の活物質層／集電体層の高密着化と低抵抗を両立する。

これらの要素技術を生かした水分散系アクリルバインダ樹脂を今後のLIBに展開し、さらなる特性向上を図っていく。

3. 各種電池技術

3.1 民生用電池技術

3.1.1 民生用電池の高容量化

近年、スマートフォンなど携帯機器の高機能化は急速に進んでおり、それを駆動するLIBの高容量化が強く望まれている。2000年以降、民生用角形電池のエネルギー密度は350 Wh L⁻¹から500 Wh L⁻¹にまで向上した。これは、

活物質の高充填や電池反応に寄与しない部材の低減などの工業技術によって達成されてきた。しかし、「詰め込み技術」による高容量化はほぼ限界に近づいてきており、今後の高容量化には新規電極材料の開発が必須となっている。

日立マクセルは、シリコン系負極材料とニッケル酸化物系正極材料を開発し、2010年から新型スマートフォン向け角形電池に順次採用してきた。また、セラミックを塗布した耐熱セパレータも開発・製品化し、高容量電池の安全性を確保してきた。

3.1.2 今後の開発

高機能携帯端末の急速な進化に追従するため、引き続きLIBの高容量化を進め、高安全性や急速充電など容量以外の特性も向上させていく。また、磁気テープや民生用電池で培った技術と経験を基に、日立グループ各社が連携して角形電池以外の電池系開発にも取り組んでいく考えである。

3.2 車載用電池技術

世界的な自動車の排出ガス規制強化に伴う環境対応車の需要拡大により、二次電池を搭載したHEV、PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle)、EVが実現し、急速に普及している。

日立グループは、1990年代から車載用LIBの開発を進めており、高性能・長寿命なLIBを世界に先駆けて製造し、市場に投入してきた。10年以上の市場経験、350万セル以上(2012年12月時点)のセル生産、7万台以上の実車稼働という実績がある。日立ビークルエナジー株式会社が提供している高出力型および高容量型の車載用LIBのラインアップを表1に示す。

高出力型電池として、HEV用円筒形と角形電池の開発を進めている。HEV用円筒形電池(S)は、2011年にGM社(General Motors Corporation)のHEVに採用が決定し、

表1 | 日立ビークルエナジー株式会社における車載用リチウムイオン電池のラインアップ

量産中の円筒形リチウムイオン電池と開発中の角形リチウムイオン電池の主要諸元を示す。

	高出力型 (HEV)			高容量型 (PHEV/EV)
	円筒形(S)	円筒形(L)	角形	角形
形状 サイズ (mm)	 40φ×92	 40φ×108	 120×85×12.5	 148×91×26.5
重量(kg)	0.26	0.30	0.26	0.72
定格容量(Ah)	4.4	5.5	5.0	28
出力密度(W/kg)	3,000	3,000	3,400	2,300
エネルギー密度(Wh/kg)	61	66	69	140
開発ステージ	量産中	量産中	顧客評価中	顧客評価中

注：略語説明 HEV (Hybrid Electric Vehicle)、EV (Electric Vehicle)、
PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle)

現在量産を行っている。HEV用円筒形電池(S)の特徴は、出力密度を3,000 W/kgまで高めて小型軽量を実現したことである。出力向上のために、材料面ではマンガン系正極のLiと金属の比率を最適化し、結晶性制御によって活物質表面の反応抵抗を低下させた。また、構造面では正極／負極のリード端子の最短設計、および溶接法の改良によって低抵抗化を実現した。

車載用LIBは、セルの複数接続によるパック化が不可欠である。また、LIBでは各セルを監視する監視システムの搭載が必須であり、GM社の要求にマッチした電池パックを開発した(図6、表2参照)。

8列2段組み16本をモジュールとし、パックは2個のモジュールから構成される。また、バッテリー監視装置はモジュールの上部に配置させる構造とした。バッテリー監視システムには、自己診断能力を強化して冗長系IC(Integrated Circuit)を持たない新規カスタムASIC(Application Specific Integrated Circuit)を開発した。これによって省スペース化、低コスト化を実現した。

HEV用円筒形電池(L)は、HEV用円筒形電池(S)と径が同じで高さを伸ばした缶サイズであり、電池容量が25%向上している(表1参照)。この電池はトラック、バス、鉄道車両、産業機器用途で採用されている。

HEV車両の高性能化に伴い、出力要求が高出力の継続時間の延長、すなわち高い実効電流に耐えうる電池が求められている。これに応えるため、高出力と放熱性を追求し

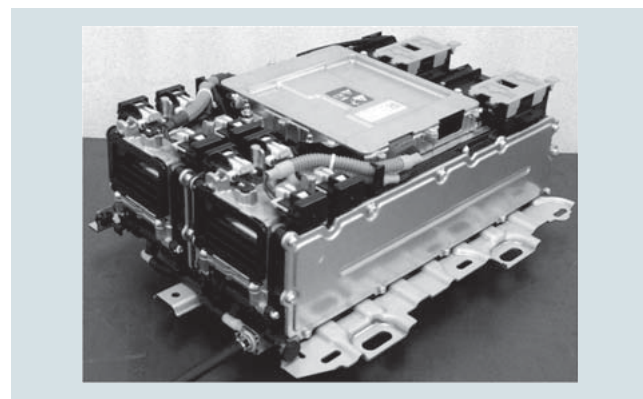


図6 | GM社のハイブリッドシステム「eAssist*」用電池パック

2012年度から日立製の電池パックを搭載したハイブリッド車の販売が開始された。

*eAssistは、米国General Motors Corporationの登録商標である。

表2 | 電池パック仕様

GM社のハイブリッドシステム用電池パックの主要諸元を示す。

システム構成	32 s
定格容量	4.4 Ah
定格電圧	115 V
出力	15 kW
サイズ	417×304×135 (mm)
重量	14 kg

たHEV用角形電池を開発中である。角形構造における最適集電方法を電流解析によって求め、徹底した内部抵抗低減を図った。また、正極活物質の粒子設計、電極の薄膜化など反応抵抗の低減も織り込んだ。将来的にはさらなる高出力化の要求が見込まれるため、40%以上の出力向上をめざし、次世代HEV用角形電池の開発を進めている。

一方、高エネルギー型電池として、PHEV/EV用LIB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が可能な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)の電池を開発している。両者は電池設計上では相反する特性であるが、角形電池の低抵抗化構造と電極活物質の組成、および電極厚みの最適化によって両立を可能とした。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に対応した。

次世代の高エネルギー型電池は、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」に日立製作所と日立ビークルエナジーが共同で参画し、開発を進めている。

日立グループは、車載用LIB事業を地球環境問題解決の重要な柱と位置づけており、高性能・高信頼性電池の提供で未来に貢献するとともに、さらなる電池イノベーションに挑戦し、これからの市場ニーズに積極的に応えていく。

3.3 産業用電池技術

3.3.1 背景と経緯

LIBは、高エネルギー密度、かつ、大電流出力が可能という特徴を生かした産業用途への応用が進んでいる。また、現在、世界的に地球温暖化などの環境問題への注目度が高く、風力・太陽光などの再生可能エネルギーの有効活用が望まれている。しかし、再生可能エネルギーは出力が不安定なため、出力の平準化が必要であり、それに適した蓄電デバイスが求められている。加えて、需要家側の電力デマンドの変化に対して、系統側の電力送電量を調整する目的でも蓄電システムの適用が考えられている。一方、東日本大震災を契機に、通信などのインフラシステムの長時間バックアップの必要性が高まっている。

このようなニーズを満足させるためにはLIBを使った電力貯蔵技術やスマートグリッド化技術が重要であり、注目を集めている。

ここでは、サイクル用途に特化したLIBパック「CH75-6」、スタンバイ用途に特化したLIB「TH100」を紹介する。

3.3.2 製品

(1) サイクル用定置型LIBパック「CH75-6」

新たに製品化したCH75-6は、ハイレート充放電^{※1)}(従来：1CA、開発品：3CA)が可能であり、サイクル寿命も5,000サイクル(DOD^{※2)}70%、25℃)と、従来品の3,000サイクル(DOD40%、25℃)と比較して性能向上を図った設計を行っている。また、電極の薄膜化技術によって従来品よりも内部抵抗を低減し、さらなるハイレート充放電を可能にした。さらに、電極材料、電極仕様、電解液の最適化により、一層の長寿命化を実現した。

ハイレート仕様では、大電流が流れるため、発熱の問題も考慮する必要がある。そのため、電池内部の材料構成のほかに、電池パック構造も重要である。電池パック構造は、ハイレート充放電に耐え得る電池間バスバーの変更、および空冷を想定した放熱性のよい電池間隔の適用などを行うことで、ハイレート仕様に耐え得る構成を実現した。

この製品は、JIS C 8715-2「産業用リチウム二次電池の単電池及び電池システム—第2部：安全性要求事項」の第三者認定も取得しており、安全性に対する評価試験を実施済みである(図7参照)。

(2) スタンバイ用定置型LIB「TH100」

新たに製品化したTH100は、LIBの特徴である高入出力特性を生かし、短時間バックアップ(10分程度)を要求されるUPS(Uninterruptible Power Supply：無停電電源装置)用途向けに開発した。TH100の基本技術は、すでに通信データセンター向けに長時間バックアップ(3時間程度)用として製品化および納入したLIBの技術を取り入れている。

TH100はCH75-6と同様に、電極の薄膜化を行い、内部抵抗を低減することでハイレート放電を可能にした。また、スタンバイ状態での保存寿命を延ばすため、高電圧充電状態の保存に適した電極材料や電解液を選定した。スタンバイ用途のLIBは、携帯電話基地局など情報インフラ施設への適用を進めていく。そのため、安全技術として、電池制御の最適運用を実施するとともに、難燃化電解液を使

※1) 大電流で行う充放電のこと。高率充放電。

※2) Depth of Dischargeの略。放電深度。



図7 | CH75-6電池パックの外觀

最大電流300 Aの高負荷特性を実現した大容量大形リチウムイオン電池を示す。



図8 | TH100の外観および収納キュービクル外観
世界最大級の難燃化した大容量リチウムイオン蓄電池システムを示す。

用することによって類焼に対する危険性を低減する仕様とした。

この製品は、従来、UPSなどのスタンバイ用途で使用されていた鉛蓄電池と比較して、設置面積を約 $\frac{1}{2}$ に削減できる。また、重量も従来の鉛蓄電池より軽減できるため、これまで床加重などに制限があった場所にも設置することが可能となる(図8参照)。

3.3.3 市場展開

今後、サイクル用LIBパック(CH75-6)は、電力系統など、安全性と信頼性が強く求められる重要分野に適用されていく。これからも、日立グループ内の関連各社が連携し、より高性能・高信頼にすることで、従来の市場だけでなく、前述した新たな市場にも提供していきたいと考えている。

スタンバイ用LIB(TH100)は、鉛電池の置き換えだけでなく、都市部などの設置面積や耐荷重などに制限がある国内外のデータセンターや、重要な情報を取り扱っている金融業など、高い信頼性と安全性を要求される情報インフラ分野に順次導入されていく。

経済産業省は、「設置用リチウムイオン蓄電池導入促進対策事業費補助金」の制度(蓄電システム機器費 定率 $\frac{1}{3}$ 助成)を設けている。今回製品化したLIBは、いずれもこの助成制度の対象となる。そのため、LIB製品群を市場展開していくうえでは、顧客にも導入しやすい状況になっており、以後も市場の確保とともに、新規市場開拓を行っていく。

4. おわりに

ここでは、各用途向けに開発したLIB技術、およびそれを支える材料技術と展望について述べた。

LIBは、これまで以上に高性能化が求められていると同時に、高安全・高信頼化が基盤として必要である。日立グループは、今後とも、ここで紹介した技術を含め、低炭素社会を支えるキーデバイスにふさわしい技術開発に取り組んでいく考えである。

参考文献

- 1) 境：リイオン二次電池の現状と将来、マテリアルインテグレーション、Vol. 23, No. 6, p. 1~11, ティー・アイ・シー(2010)
- 2) 2010電池関連市場実態総調査(下巻)、富士経済(2009.12)
- 3) 河野、外：第50回電池討論会講演要旨集、1B07、電気化学会電池技術委員会(2009)
- 4) 石井：日立化成のリチウムイオン電池カーボン負極材料、マテリアルインテグレーション、Vol. 23, No. 6, p. 49~54, ティー・アイ・シー(2010)
- 5) 石井、外：高エネルギー密度対応リチウムイオン電池負極材、日立化成テクニカルレポート、No. 47, p. 29~32(2006)
- 6) M. Yamada, et al.: Silicon-Based Negative Electrode for High-Capacity Lithium-Ion Batteries: "SiO"-Carbon Composite, Journal of The Electrochemical Society, 158 (4), A417 (2011)
- 7) M. Yamada, et al.: Reaction Mechanism of "SiO"-Carbon Composite-Negative Electrode for High-Capacity Lithium-Ion Batteries, Journal of The Electrochemical Society, 159 (10), A1630 (2012)
- 8) 真下、外：リチウムイオン電池負極用バインダ樹脂、日立化成テクニカルレポート、No. 45, p. 7~10(2005)

執筆者紹介



高橋 心
1995年日立製作所入社、日立研究所 材料研究センタ 電池研究部 所属
現在、リチウムイオン電池の研究開発に従事
電気化学会会員



喜多 房次
1985年日立マクセル株式会社入社、開発本部 技術開発部 所属
現在、リチウムイオン電池の開発に従事
電気化学会会員、The Electrochemical Society会員



山田 将之
1996年日立マクセル株式会社入社、エナジー事業本部 LB部 所属
現在、リチウムイオン電池の開発に従事



西原 昭二
1985年日立マクセル株式会社入社、日立ピークルエナジー株式会社 設計開発本部 電池開発部 所属
現在、自動車用次世代電池開発のマネジメントに従事



椎木 正敏
1985年日立製作所入社、新神戸電機株式会社 製造本部 所属
現在、産業電池システム、リチウムイオン電池事業のマネジメントに従事



神崎 壽夫
1985年日立マクセル株式会社入社、開発本部 技術開発部 所属
現在、電池材料および機能性材料の開発に従事
博士(工学)



住谷 圭二
1987年日立化成株式会社入社、新事業本部 筑波総合研究所 電池技術開発センタ 所属
現在、蓄電デバイス材料の研究開発に従事
電気化学会会員、日本表面科学会会員