産業界の技術動向

# 大形リチウムイオン電池の実用化の現状

株式会社ジーエス・ユアサ パワーサプライ
田　中　俊　秀

## 1. はじめに

リチウムイオン電池が実用化されて約 19 年になる。リチウムイオン電池は

| | |
|---|---|
| ・電池電圧が高い（3.6V/ セル） | ・エネルギー密度が高い |
| ・メモリー効果がない | ・自己放電が小さい（優れた保存特性） |
| ・大電流放電が可能 | ・急速充電が可能 |
| ・優れた寿命特性 | ・完全密閉でガスを放出しない |

など数多くの優れた特長を保有している。これらの特長を活かし、最初に、小形リチウムイオン電池が携帯電話やモバイルパソコン、デジカメ、カムコーダなど携帯電子機器に採用されることに伴って、急激にその市場を拡大していった。

一方、大形リチウムイオン電池は、小形リチウムイオン電池での技術進展と市場実績を基に、様々な分野で実用開発が進められ、それに伴っていろいろな型式の電池が開発されてきている。

小形･軽量で長寿命という高付加価値を最大に活かして、まず宇宙・海洋分野での実用化が進み、ついで電池の標準化・量産化により産業分野での実用化が進められた。さらに最近では、小形・軽量でしかも急速充放電が可能であるという特長を生かして、自動車分野や鉄道分野など移動体系での応用が急激に拡大しつつある。（図 1）

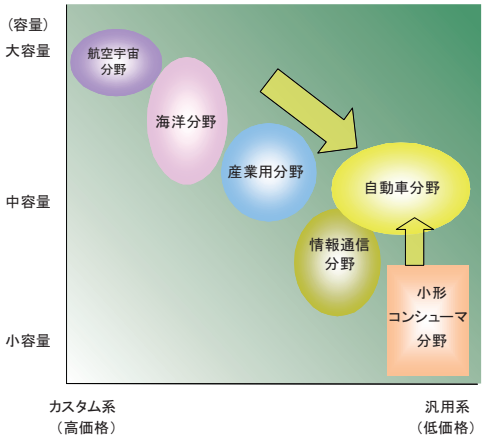



図 1　大形リチウムイオン電池の実用化マップ

本稿では、これら各種分野での多くの実用化のうち、主な実例について紹介する。

## 2. 特殊分野

宇宙、深海、航空機など特殊分野で使用される二次電池は、小形・軽量でエネルギー密度が高いだけでなく、過酷な使用環境で非常に高い信頼性が要求される。このような極限環境における厳しい要求を満たすリチウムイオン電池が最初に実用化されてきた。

### 2-1　衛星・ロケット

図 2 は、宇宙用途向けに開発されたリチウムイオン電池で，50 Ah、100 Ah および 175 Ah の大容量のものである。その質量エネルギー密度は，それぞれ従来の宇宙用アルカリ二次電池の 2 倍以上の高い値である。また，リチウムイオン電池は，放電時の平均で，従来の宇宙用アルカリ二次電池の 3 倍に当たる 3.7 V の電圧を発生するので，電池電圧が等しい場合に，直列接続する電池の数を 3 分の 1 に削減

して信頼性を向上できるという大きいメリットがある。また、この電池は電極端子取出し部に、超高真空の宇宙環境にも長期間耐えるセラミックハーメチックシールを採用して、高信頼の気密を実現している。2003 年 10 月に実験ペイロードの一つとして，（財）無人宇宙実験システム研究開発機構（USEF）によって開発・運用された人工衛星 SERVIS-1（宇宙環境信頼性実証システム実証衛星 1 号機）[1] が，50 Ah リチウムイオン電池を搭載してロシアから高度 1,000 km の極軌道に打ち上げられ，低軌道へ投入された．大容量リチウムイオン電池を搭載した人工衛星の軌道投入は，これが世界初であり順調に運用された。[2]

この実績をもとに、現在まで日米欧で数々の衛星に採用実績が積み上げられてきている。

図 2　宇宙用単電池

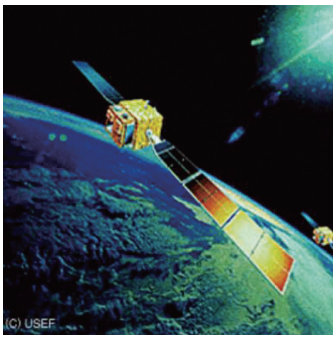



図 3　人工衛星への搭載例
写真提供　USEF

### 2-2　深海潜水艇

深海用途としては、1997 年に海洋科学技術センター（当時）の 7,000 m 級細径ケーブル式無人潜水機「UROV7K」用のリチウムイオン電池を、また 2000 年に自律航行型の 3,500 m 級無人深海巡航探査機（AUV）「うらしま」用のリチウムイオン電池を開発し、納入した。

図 4「深海 6500」と主蓄電池　　写真提供　JAMSTEC

そして、2004 年には「しんかい 6500」の主蓄電池を（独）海洋研究開発機構（JAMSTEC）に納入し、全く問題なく実運用に成功した。[3]

これらの深海探査機用リチウムイオン電池は、いずれも「油漬均圧方式」を組電池に採用しているが、リチウムイオン電池の単セルは、ガスが発生せず完全密閉にすることができるので、単セル内の電解液と油とを完全に分離しつつ単セルの内外を均圧しており、電池の信頼性を一層高くしている。

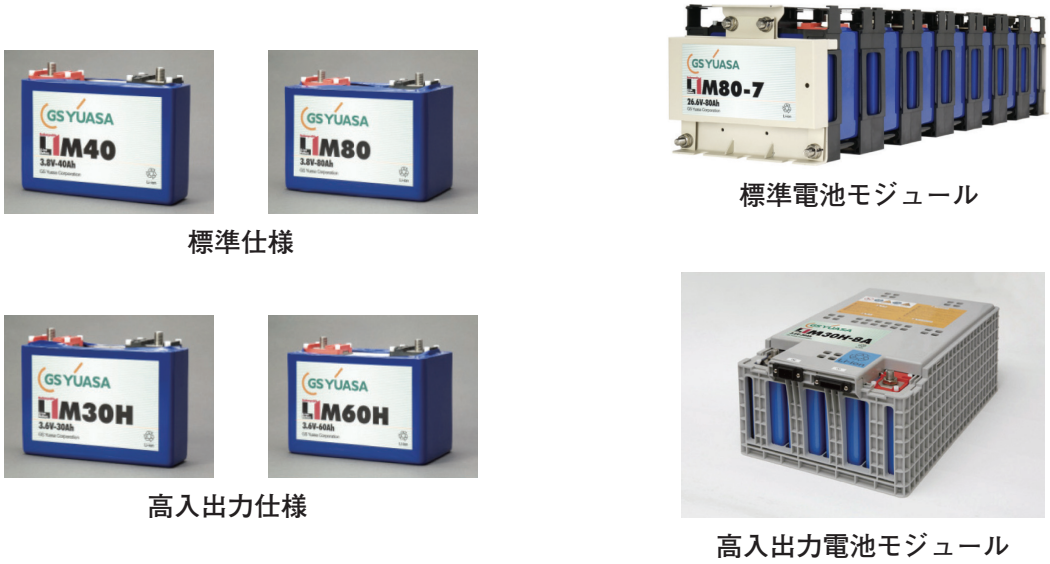
### 2-3　航空機

航空機用大形リチウムイオン電池（LVP シリーズ）は、民間旅客用の電力源として従来使用されていたニッケル・カドミウム電池に比べて 2 倍のエネルギー密度と、3 倍の電圧を誇る。宇宙用等の特殊用途で培った高い信頼性および高エネルギー密度等の高性能が高く評価されて、Boeing 社の次世代主力旅客機「787」へ搭載され、2009 年 6 月には試験飛行が予定されている。

## 3. 一般産業用・鉄道分野

特殊分野での大形リチウムイオン電池の実績と、長年にわたり培ってきた産業用大形電池の経験に基づき、産業用大形リチウムイオン電池（LIM シリーズ）の標準化と量産化を実現した。産業用リチウムイオン電池の単電池および組電池の外観を図 5 に示す。LIM シリーズでは用途に合わせて 2 種類の電池をラインアップしている。標準仕様の電池は 40 Ah と 80 Ah と容量は大きいが、最大充電電流は 3 $I_t$A *、最大放電電流は 5 $I_t$A に制限される。一方、高入出力仕様の電池は、最大 10 $I_t$A の大電流充放電が可能であるが、標準電池と同じ形状で、30 Ah と 60 Ah と標準電池に比べて容量が小さい。[4-6)]

＊電流の大きさを表す。$I_t$A（A）＝定格容量（Ah）/ 1（h）




標準仕様

標準電池モジュール

高入出力仕様

高入出力電池モジュール

図 5　産業用大形リチウムイオン電池（LIM シリーズ）の単電池とモジュール

### 3-1　無人搬送車（AGV：Automatic Guided Vehicle）

LIM シリーズが、最初に導入されたのは AGV である。従来のアルカリ電池に比べて、小形軽量という特長のほかに、急速充電が可能なことから電池モジュールの取替えをすることがなく 24 時間操業が簡単に可能になること、リチウムイオン電池が密封でガスを出さないことから、液晶、半導体や製薬などクリーンルームでの稼動も可能という、従来にない特長が LIM シリーズ採用によって可能となった。最初に採用されてから、既に 5 年以上になり 1,000 台以上が国内外で稼動しているが、いまだに電池の取替え需要が少ないくらい、長寿命で、安定した稼動を続けている。

### 3-2　鉄道

当社は、大形リチウムイオン電池の新用途として鉄道分野に着目し、（財）鉄道総合技術研究所の「架線レスバッテリートラム」、および、西日本旅客鉄道（株）の「直流電気鉄道の蓄電システム」に関する共同研究を通じて技術開発を進めてきた。[7,8)]

#### 3-2-1　架線レスバッテリートラム

鉄道車両にバッテリーを搭載し、省エネ化や架線レスでの走行など新しい取組みが進められている。

電車のブレーキでは架線への電力回生が行われるが、近傍に他の電車がいない場合には、回生ブレーキがかからない「回生失効」が生じ、機械ブレーキが動作し、熱エネルギーとして消失される。そこで、

回生エネルギーを電車搭載バッテリーに蓄電し、力行時に再利用することで省エネが期待できるため、バッテリー搭載電車の開発が進められた。[7)]

上記研究開発成果を基に、2007年に架線とバッテリーの電源ハイブリッド電車「Hi-tram（ハイ！トラム）」（図6）が開発された。これは、NEDO（（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構）からの委託で（財）鉄道総合研究所、東急車輛製造㈱、アルナ車両㈱によって開発されたものである。同年11月から翌年3月までの期間には、札幌市交通局で試験走行が行われ、ここでは、省エネルギー効果（従来車両との消費電力量の比較）や、冬季の厳しい使用環境下での機器およびバッテリの耐久性などが試験された。これにより、架線とバッテリー電力の協調制御で、加速時使用のエネルギーの40％以上を回生再利用できるようになった。さらに、停車中の1分間急速充電で4 km以上、フル充電状態では25 km以上の無架線区間走行が可能であることが実証された。（第38回　日本産業技術大賞　審査委員会特別賞受賞）

**図6　架線・バッテリーハイブリッド車両「Hi-tram（ハイ！トラム）」**
**写真提供　財団法人鉄道総合技術研究所**

3-2-2　直流電気鉄道用蓄電システム

鉄道は省エネルギー化の一環として回生車両の導入を進めている。この回生車両が発生する回生電力を一時蓄電し有効活用を図る一つの方法として、電力蓄電システムの設置がある。[8,9)]

蓄電システムには2つの動作モードがある。

①回生吸収モード：回生車が回生しているときに回生電力を消費する他の車両が遠い所にいるとパンタ電圧が上昇するため、回生電力を吸収し蓄電システムに充電することを主眼においた動作

②電圧補償モード：変電所間隔が長い場合、変電所中間点では電車が力行時、架線電圧降下が大きくなるため変電所中間点に蓄電システムを設置して、蓄電された電力を放電することにより架線電圧降下を補償する動作

**図7　直流電気鉄道の蓄電システム**
**写真提供　西日本旅客鉄道㈱**

2004年度には、西日本旅客鉄道（株）の学園都市線松井山手構内および琵琶湖線野洲き電区分所においてモデル機によるフィールド試験を実施し、2006年度には、北陸線新疋田変電所に導入された。（図7）この装置は、最大約1,050 kWを1分間出力できる能力を持ち、1日あたり約300 kWh弱も電力削減に寄与している。[10)]

また、鹿児島市交通局では、LRT（次世代型路面電車システム）整備計画に基づき、出力の大きいモータを採用した新形車両の増加に伴って消費電力増大等により、架線電圧の降下が生じることから、架線電圧補償システムが2箇所導入された。これにより電車の速達性や定時運行に大きく貢献している。

**図8　トランスファークレーン搭載用ハイブリッド電源装置**
**写真提供　住友重機械エンジニアリング㈱**

### 3-3　トランスファークレーン

港湾でのコンテナの積み下ろしに、トランスファークレーン

が稼動している。コンテナの巻き下げ減速時に発生する回生エネルギーを、リチウムイオン電池モジュールに蓄積し、巻き上げ作業を効率よくアシストするシリーズハイブリッドシステムを実用化した。その結果、

① エンジン最大出力を約3分の1まで抑制可能
② 燃料消費は約6割が削減
③ 黒鉛排出量の大幅削減効果が発揮された。

トランスファークレーンのエンジン駆動を、エンジンとリチウムイオン電池とのハイブリッド化により騒音・黒鉛排出を大幅に低減するとともに、コンテナ積上げ時の電力アシストと積下し時の回生電力吸収によりエンジン容量を大幅に削減することができた。

### 3-4 電源システム

LIMシリーズは交流電源や直流電源にも応用展開されている。従来、鉛電池を使用していた部分をリチウムイオン電池に置き換えることにより、格段の小形軽量、省スペースを実現している。[11)]

図9 LIMを搭載した交流無停電電源装置（30 kVA 30分）

### 3-5 その他

なお、大形ではないが、中容量のリチウムイオン電池では、電動自転車（電動アシスト自転車）、電動工具やロボットなど多くの用途が拡大している。

## 4. 自動車分野

自動車が最初にできたのは電気自動車である。当社が保有していた90年前の電気自動車「デトロイト号」が5月20日に運転可能な電気自動車として復活した。

この「デトロイト号」が復活した5月20日を「電気自動車の日」と制定、日本記念日協会から記念日登録証が授与された。

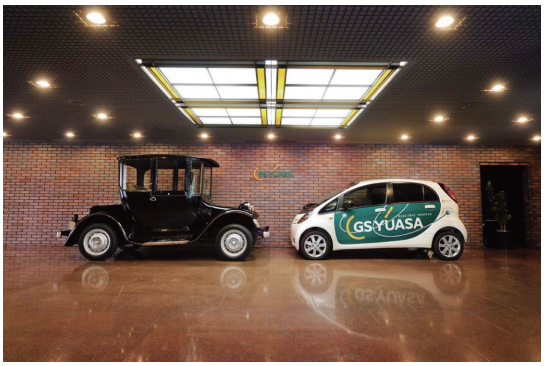



図10 電気自動車 「デトロイト号」（1917年製）と「i MiEV」（2008年製）

### 4-1 電気自動車（EV）

リチウムイオン電池の電気自動車への搭載は、1990年代から色々な車で実験が繰り返されてきた。最近の環境問題への意識の高まりと、原油価格の高騰などを背景に、電気自動車が大きく飛躍しようとしている。写真は三菱自動車工業㈱が今年から販売する「i MiEV」に搭載される単電池（LEV50）と電池モジュール（LEV50-4）である。この電池を量産販売するために、2007年12月に当社、三菱商事㈱、三菱自動車工業㈱の三社で合弁会社「㈱リチウムエナジージャパン」を設立し、既に量産を開始している。

図11 EV用単電池（LEV50）

図12 EV用電池モジュール（LEV50-4）

### 4-2　ハイブリッド電気自動車（HEV）

1997 年に量産型ハイブリッド車として発売されたトヨタプリウス以降、ハイブリッド車は急速に市場を拡大していった。その後、色々なハイブリッド車が販売されるようになったが、現状そのほとんどはニッケル水素電池を採用している。しかし、この分野でも、さらに小形軽量、ハイパワーを期待して、リチウムイオン電池の開発が精力的に進められている。ハイブリッド車用途には、特に高入出力特性が要求される。当社では、NEDO プロジェクトや自動車メーカとの共同研究を積み重ね、各種のハイブリッド車用電池技術を開発してきた。図 13 に HEV リチウムイオン電池の一例として当社が開発した EH6 の外観写真を示す。

**図 13　ハイブリッド自動車用電池（EH6）**

2009 年 4 月には、最新の技術を結集したハイブリッド車用電池の事業化を目指し、当社と本田技研工業㈱と合弁で「㈱ブルーエナジー」を設立し、2010 年秋の量産化を目指している。

### 4-3　その他

電気自動車には、EV や HEV のほかに、両方の長所を兼ね備えた PHEV（プラグインハイブリッド）も開発が進んでいる。PHEV 用途には HEV 用の高入出力特性に加えて、更なる高容量化が要求される。このための電池技術開発も産官学合わせて精力的に進められている。

## 5.　まとめ

以上述べたように、リチウムイオン電池は、すでに大量に普及している携帯電子機器用の小形電池における高エネルギー密度という特長に加えて、長寿命、高信頼性、高率充放電が可能等という様々な優れた特長が認められて、その大形電池が色々な分野で実用化が進んでいる。今後、大量に使用される自動車分野での採用により、ますます、技術の向上と低コスト化が期待されている。

**【参考文献】**

1）金井宏，浜一守，秋山雅胤，長東紀夫；SERVIS プロジェクトについて，第 48 回宇宙科学技術連合講演会，講演番号 1A01，（2004）
2）H. Yoshida,, N. Imamura, T. Inoue, and K. Komada;  Capacity Loss Mechanism of Space Lithium-Ion Cells and Its Life Estimation Method, Electrochemistry, 12,（2003），71
3）H. Momma, A. Ikuta, and M. Iwata：" Development of Oil Filled Pressure Compensated Lithium-Ion Secondary Battery for DSV Shinkai 6500", TECHNO-OCEAN '04, Kobe Japan, Nov. 9-12,（2004），p.1720
4）瀬山幸隆，下薗武司，西山浩一，中村秀司，園田輝男；産業用リチウムイオン電池「LIM シリーズ」の開発，GS News Tech. Rep., 62, 1,（2003），76-81
5）I. Suzuki, T. Shizuki, K. Nishiyama; High Power and Long Life Lithium-ion Battery for Backup Power Sources, IECEC/IEEE INTELEC '03, Oct., 19-23,（2003），317-321
6）瀬山幸隆，中本武志，西山浩一，園田輝男；鉄道用強制空冷式リチウムイオン電池モジュール「LIM30H-8R」の開発，GS Yuasa Tech. Rep., 4, 2,（2007），24-29
7）小笠正道；“リチウムイオン二次電池の技術と鉄道車両への適用～架線レスバッテリートラム “りっちい・とらみい” ～”、鉄道車両と技術、9（9），（2003），13-20
8）石井順；直流電気鉄道における電力補完装置の開発経緯，GS Yuasa Tech. Rep., 3, 2,（2006），1-13
9）山幸隆，岡崎賢二，東直親，作野敏郎；リチウムイオン電池を採用した電鉄用電力貯蔵システムの

開発，GS Yuasa Tech. Rep., 2, 2,（2005），25-29
10）中村悦章，飯島宏康，延原隆良；鉄道の省エネルギーに関するJR西日本の取り組み～直流き電システム，鉄道と電気技術，20 （4），（2009），16-21
11）道永勝久，佐井真也，河原林一王，菊田重則，山本利雄；リチウムイオン電池搭載UPSの開発，GS News Tech. Rep., 62, 1,（2003），82-88