

リチウムイオン電池と電気自動車の将来シナリオ

神鋼リサーチ (株) 薛 菁

2016年3月25日～27日の期間に「スマートエネルギーWeek 2016」が東京ビッグサイト、4月20～22日の期間に「テクノフロンティア 2016」が幕張メッセで開催された。前者は燃料電池 (FC)、リチウムイオン二次電池 (LIB)、太陽電池 (PV) を主なテーマにしてきた展示会であるが、近年は風力発電、バイオマス発電等のテーマが加わり、総合エネルギー展に方向転換しつつある。後者は日本能率協会が主催しており、メカトロニクス・エレクトロニクスの要素技術専門展示会と位置づけられている。

両展示会にそれぞれ併設された専門技術セミナーのうち、「伸長が期待される中国蓄電デバイス市場の最新動向」「日欧韓自動車の電動化戦略」「車載用 LIB 安全性と今後の展望」と題するセミナーを聴講し、近年普及が順調に拡大しつつある電気自動車 (EV) の現状と将来動向に関する情報収集を行った。

大手自動車メーカーが各国の燃費規制に対応した EV のニューモデルを次々に市場投入していることから、車載用 LIB のグローバル市場はここ数年好調に推移しており、2014年の世界市場は販売容量ベースで約 10 GWh に達している。このような状況の中で、2014年後半から中国における EV (特に EV バス) の需要が急伸している。2015年における中国の EV 向け LIB の市場は約 10 GWh であり、従来の世界市場に匹敵する規模にまで急増しており、業界に強烈なインパクトを与えている。調査会社の予測によると、2019年における中国 EV バス向け LIB の販売量は約 70 GWh にのぼる。この急成長は中国政府が全面的に打ち出している EV 向け補助金政策が背景になっており、バブルか本物かを見極めていく必要がある。

LIB の発明者である吉野彰氏は自身の発表において EV 市場を左右する要因として「環境対策」「Tesla」「自動運転タクシー」の3つをキードライバーに挙げている。

「環境対策」とは、米国での最大の自動車市場であるカリフォルニア州からスタートした Zero Emission 規制を指している。同規制の適用区域では一定以上の台数を販売する自動車メーカーに対して、決められた比率を ZEV ((Zero Emission Vehicle) にすることが義務付けられている。ZEV の種類に応じた車両ごとに「クレジット」と呼ぶ係数を決め、販売台数に対して達成すべきクレジット基準を定めている。決められた基準に達しないメーカーは、50万円/台の罰金を支払うか、または余剰クレジットを有する他社からクレジットを購入しなければならない。現行規制ではハイブリッド自動車 (HEV)、プラグインハイブリッド自動車 (PHEV)、EV、燃料電池自動車 (FCV) に加えて、低燃費車も ZEV と見なされているが、2018年からは ZEV 基準が一段と厳しくなり、HEV、PHEV は ZEV から除外され、EV と FCV のみが ZEV 対象車になることが予定されている。さらに、2018年からは ZEV 規制の要求値が格段に厳しくなり、2018年の ZEV 比率：4.5%から、2025年の ZEV 比率：22%まで段階的に引き上げられる。

新しい ZEV 規制に備えるためには、車載用蓄電池のエネルギー密度を更に向上させ、EV の航続距離を伸ばす必要がある。そのため、今回報告を行った Hyundai と BMW ではそれぞれ新しい車載用蓄電池の研究開発を行っている。エネルギー密度の目標について、アメリカ DOE が打ち出した目標値 (航続距離：480 km、エネルギー密度 (セルレベル)：300～350 Wh/kg) が自動車メーカーの合格ラインになっているが、現行 LIB 材料による実現は難しいとされている。

Hyundai では「Li 硫黄電池」「全固体電池」「Li・空気電池」の3種類の次世代二次電池

を同時に開発しており、特に Li・空気電池の開発に注力している。エネルギー密度を向上するために空気極のコーティングを見直している他、サイクル特性向上の方策として「電極表面での電解質の分解」「カーボン担体の形状変化・分解」等副反応の抑制に重点を置いた開発を進めている。同社は 2025 年にエネルギー密度：500 Wh/kg の Li・空気電池を実現させることを目指している。

一方、BMW では新しい LIB の材料候補として、Ni-rich 三元系正極と Si 負極の組み合わせを有力視している。同社は漢陽大学校（韓国）との共同研究により、TSFCG ($\text{Li}[\text{Ni}_{0.65}\text{Co}_{0.13}\text{Mn}_{0.22}]\text{O}_2$) と呼ばれる三元系材料を開発している。この材料は粒子中心部の Ni 濃度を高く、粒子表面の Ni 濃度を低くすることにより、高容量を保持しながら表面の化学的安定性を確保しており、特に Ni-rich 正極に危惧される安全性も改善している。また、負極に対しては、Si 活物質の体積変化によるサイクル特性の劣化を抑制するために、Si ナノ粒子/多孔質コアマトリックス複合材料を開発している。ポーラスの鑄型に微粒子を導入することにより、巨視的な体積変化を抑制し、サイクル特性を確保する。これら材料を組み合わせることにより、セルレベルのエネルギー密度：300 Wh/kg が達成可能になるとしている。

キードライバーの話に戻るが、第 2 のキードライバーは「Tesla」であり、この EV 専門メーカーが存在できる大きな理由の一つが前記 ZEV 規制にあるという解釈も成り立つ。同社が発表した 2013 年度の決算によると、他社への ZEV クレジットの販売により、事業全体の 12%に相当する 6800 万ドルの売上を得ており、2015 にはこの売上が約 7400 万ドルにまで膨らんでいる。ZEV 規制の厳格化に伴い、今後 Tesla の一人勝ちが更に鮮明になる可能性もある。

第 3 のキードライバーは「自動運転タクシー」である。最近よく IoT という言葉を耳にするが、IoT とは「Internet of Things」（モノのインターネット）のことであり、従来個人が所有していたものをクラウド上に配置・共有することを指している。自動車における IoT は自動車を共有することであり、これに近い概念としてタクシーが挙げられる。

吉野彰氏の試算によると、個人が自家用車としてエンジン自動車を保有する場合、年間 10,000 km 走行した際の総コストは 91 万円になる。これに対して、自動運転タクシーが実現した場合、車両維持費に対する個人負担の割合が大幅に減少するため、約 1/4 の費用で済む。また、EV タイプの自動運転タクシーが実現できれば燃料費も低くなるため、年間 10,000 km の利用が僅か 12 万円で済む。この金額は現行スマートフォンの利用料金と同レベルであり、現行のスマートフォン市場をイメージすれば、IT 大手である Google や Apple が無人運転車の開発に注力している理由もわかる。

LIB の将来動向を考える際、LIB のみの技術進歩に頼ると次世代二次電池の開発が必須となる。この場合、航続距離 > 350 km を達成するためには、未解決の課題が多く残されている。一方、2020 年頃に自動運転技術が実用化できれば、航続距離：300 km の無人運転 EV タクシーでも十分に需要を賄うことができ、LIB に対する高エネルギー密度化の要求も緩和される。また、個人保有車台数の削減や車両維持費の個人負担分の激減にも繋がる。このように、自動運転技術は自動車の燃費規制に対応できる有望な未来展望であり、車載用蓄電池、次世代二次電池と合わせて今後の技術動向に注目していきたい。

以上