リチウムイオン電池に注目

－電気自動車用電池の動向－

電池をエネルギー源とする電気自動車が熱い視線を浴びています。ここで注目されている電池はリチウムイオン電池です。電気自動車とリチウムイオン電池について、歴史や開発状況などを解説します。

電気自動車の歴史はガソリン車より古い

電気自動車の歴史は非常に古く、ガソリンエンジン自動車の開発（1885年カール・ベンツ（ドイツ））よりも５年前に英国で登場したと言われています（一説には1883年にオランダで誕生との説もあるようです）。しかし油田開発進展によるガソリン価格の低下、エンジン技術の発展により、電気自動車はやがて歴史の表舞台から消えます。

しかしその後、何度か電気自動車（EV）ブームが到来しますが、実用化には至りませんでした。最初は1970年代の石油ショックの時で、エネルギー問題や大気汚染の解決策として電気自動車開発の国家プロジェクトが実施されるなど、開発機運が盛り上がりましたが、電池性能が向上しないまま（当時は鉛蓄電池が主流）終了しました。次のブームは1980年代の後半、大気汚染の深刻化に悩む米国カリフォルニア州が「カリフォルニア州で自動車販売を行うメーカーは一定台数の有害物質を排出しない自動車（ZEV）を販売しければならない」という法律の制定を予告したことにより、再度電気自動車開発が行われました。このときは新型のニッケル水素電池などの検討が行われ、一部で限定販売等も行われましたが、結局「航続距離・価格等」が不十分なため、電気自動車の普及には至りませんでした。

燃料電池車も可能性がある

各自動車会社（特に大手メーカー）は航続距離を延ばすために、その後は開発主体を燃料電池自動車（FCEV）にシフトしました。これは一定の成果を得てトヨタやホンダが2002年頃にFCEVのリース車販売を開始しました。しかし電池価格が極めて高いため、本格普及には至っていません。ただこれらと平行して開発されていたのはハイブリッド電気自動車（HEV）で、1997年にトヨタから「プリウス」が発売されました。これはガソリンエンジンと電池駆動モータの両者を搭載するもので、何よりもガソリン燃費を向上させ、（税優遇措置もあって）自動車価格の上昇も小さいため、現在も環境志向車の代表として好調な販売が続いています。

今回はリチウムイオン電池が主体

さて、今回（2007年以降）の電気自動車ブームの特徴は、リチウムイオン電池を電源とすることです。これが今までとは違っています。

リチウムイオン電池の技術的な特徴は電解液に有機溶媒を使用することです。このことが従来の水溶液系電解液では最大で２Vであったのを一挙に４V近くまで引き上げることになりました。電池の場合、エネルギーは電圧×電流×放電時間で表され、電圧は負極と正極の組合せで決まるので、物質の選択だけで電池のエネルギーを増大させる最も優位なファクターですが、この部分に水の分解電圧の影響を除いたのです

種類 呼称	正極 ［充電状態］	電解液	負極 ［充電状態］	電圧 特徴	実用エネルギー密度
Pb Acid 鉛	PbO_2 （二酸化鉛）	H_2SO_4 水溶液	Pb （鉛）	２V 重い	30～40 Wh/kg 70～100 Wh/L
Ni-Cd ニッケル・カドミウム	NiOOH （オキシ水酸化ニッケル）	KOH 水溶液	Cd （カドミウム）	1.2V 堅牢	45～60 Wh/kg 100～200 Wh/L
Ni-MH ニッケル・水素	NiOOH （オキシ水酸化ニッケル）	KOH 水溶液	MH （H原子を吸蔵した水素吸蔵合金M）	1.2V 大容量	40～80 Wh/kg 150～350 Wh/L
LIB リチウムイオン	$Li_{1-x}CoO_2$ （コバルト酸リチウム）	非水系 有機溶媒 （Li^+を含む）	$Li_x(C)$ （Liをインターカレートした炭素C）	3.6V 高電圧 軽量	100～180 Wh/kg 250～450 Wh/L

図１　二次電池の諸元概要と特徴比較

から、画期的なことと言えます。図１は実用化されている二次電池を比較したものです。また仮に単３型電池を作製して比較すると、模式的には図２のような放電曲線になります。

リチウムイオン電池とは

代表的なコバルト酸リチウム正極／炭素負極で構成される電池の反応式は、放電反応では

正　極：$Li_{1-x}CoO_2 + xLi^+ + xe^- \rightarrow LiCoO_2$

負　極：$Li_x(C) \rightarrow C + xLi^+ + xe^-$

全反応：$Li_{1-x}CoO_2 + Li_x(C) \rightarrow LiCoO_2$

であり、充電はこの逆反応となります。式から分かるようにリチウムイオンが正極と負極を往復していますので、「リチウムイオン電池」の名称がつけられました。

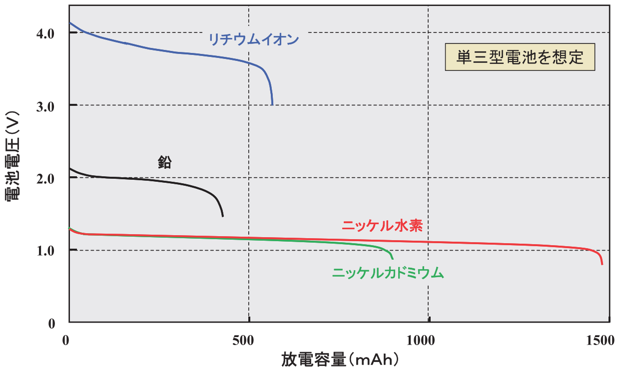

図２　二次電池の放電曲線比較

電気自動車用の電池開発のきっかけ

さて、リチウムイオン電池は1991年に始めて実用化されましたが、その大きなエネルギー密度のために、いまではほとんどの携帯機器はこの電池で駆動しています。したがってこれを使って電気自動車を駆動することも以前から研究開発が行われていました。これは例えばNEDOが出資しLIBES研究組合が開発主体となり、電機会社を中心とした多くの企業が参画した「分散型電池電力貯蔵技術開発」（1992年度～2001年度）などです。ここではまさに電気自動車を想定したリチウムイオン電池の開発が行われました。このような開発の歴史が今日の基礎を築いたものと考えられます。

電気自動車用の電池が必要とするもの

民生用途とは異なり、電気自動車用の電池はまず出力が大きく、なおかつ長時間駆動しなければなりません。パソコンレベルでは最大でも30W（10V・3A）×2h程度ですが、自動車では小さくても30kW（240V・12A）×5h程度は必要です。つまり大きな電気容量を持つ電池を多数必要とします。また、ガソリンエンジン並みの寿命を確保する必要があります。

このような電気的性能は重要ですが、その前提は安全性が確保できている（一言で言えば「燃えない」）ということです。有機溶媒からなる電解液はそれ自体が燃えやすい性質を持っていますし、電池構造は薄いセパレータ１枚で隔てられて酸化剤（正極）と還元剤（負極）が広い面積にわたって対向していますので、これも発火しやすい構造です。仮に車が衝突して車体フレームの一部が電池を貫通して短絡したとしても発火しないような工夫が必要です。

技術開発は広範に行なわれている

これらに加えて、コストも最重要課題です。このため上記を加味しながら、多くの企業が電池材料はもちろん、電池構成、形状、寿命、電源を含む自動車制御のシステム設計など、非常に広範な開発を行っています。

代表的なものとして、例えば負極材料では炭素（過充電でLi金属が析出しやすく発火の可能性がある）に替えて、電圧をやや犠牲にしても（2.4V）安全性を確保するためにチタン酸リチウムを採用した企業もあります。また正極ではやや容量が小さいけれども安全性の高いマンガン酸リチウム（3.6V）を、また安全性とコストを狙ったリン酸鉄リチウム（3.2V）も一部で採用されています。

最後に

リチウムイオン電池を採用した電気自動車はついに一部で販売が始まりました。急速に市場を形成することは容易ではないでしょうが、裾野の広い自動車産業に新たなイノベーションが起ころうとしていることは間違いないようです。我々も一層の注目が必要と思われます。

地域結集事業推進部　＜西が丘本部＞
神田　基　TEL 03-3909-2151　内線 470
E-mail：kanda.motoya@iri-tokyo.jp