

自動車用リチウムイオン電池開発の動向と今後の展望 Innovative Batteries for Sustainable Mobility

射場 英紀
Hideki IBA

トヨタ自動車（株） 電池研究部
Battery Research Div., Toyota Motor Corp.

1. サステナブルモビリティ

持続可能な社会を実現するためには、化石燃料の消費が少なく、CO₂の排出の少ないモビリティが必要である。そのために、車両の小型・軽量化やエンジンの低燃費化など、多くの取り組みが行われてきた。

ハイブリッド車は、低燃費と走行性能の両立という観点から、1997年の初代プリウスの発売以降、車種と台数を増やしている。現在のハイブリッド車は、ガソリンを給油して、エンジンとモータ（発電機）そして蓄電池との間での効率的なエネルギーのやりとりをすることにより低燃費を実現している。

プラグインハイブリッド車は、住宅などの電源から車両に搭載された蓄電池に充電することにより、従来

のガソリンのみを給油するハイブリッド車に比べて、一次エネルギーの多様化に対応できるとともに、CO₂の排出やエネルギーコストの低減も期待できる。CO₂の排出やエネルギーコストの低減効果は、電気のみで走行できる距離が長ければ長いほど大きくなるので、蓄電池のエネルギー容量拡大への期待が大きい。

電気自動車は、例えばゴルフカートやフォークリフトなど古くからさまざまな形で実用例があり、さらに最近では小型の乗用車も各社から発売されている。電気自動車が、走行時のCO₂排出がゼロで、エネルギーコストも小さいことは、上記のプラグインハイブリッド車の例をみるまでもなく明らかだが、大量普及のためには、やはり、蓄電池のエネルギー容量向上による航続距離の延長が最大の課題である。

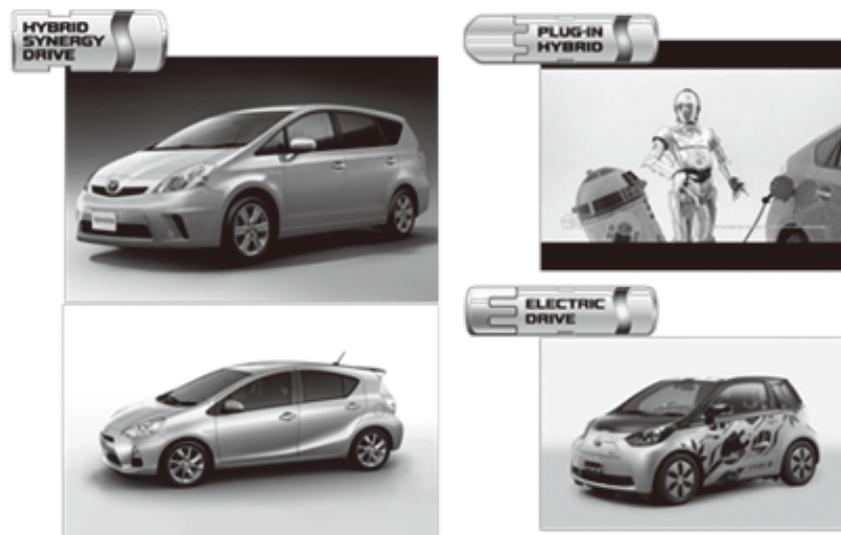


図1 サステナブルモビリティ

燃料電池車は、水素と酸素を燃料とし、その結合反応により、排出物は水蒸気のみということから、究極のクリーンビークルと位置付けられてきた。これまで発表されてきた試作車や限定ユーザー向けの市販車では、航続距離や低温始動などの問題をひとつひとつ解決してきており、近い将来の普及型の販売が予定されている。

2. 革新電池

2.1 「佐吉の電池」

豊田佐吉翁は、トヨタ自動車(株)の母体となった豊田自動織機の創始者である。1925年、佐吉翁は、当時100万円の賞金をかけ、ガソリン以上のエネルギー密度の蓄電池の公募を行っている。いうまでもなく、「佐吉の電池」は、80年以上経過した現在でも実現していないが、そのビジョンは現在社会でもそのまま適用できるものである。サステナブルモビリティは、「佐吉の電池」が求めるエネルギー密度の1/5程度で、きわめて実現性が高まるが、現在のニッケル水素電池や、Liイオン電池では、その理論容量でも、1000~2000Wh/Lのエネルギー密度には及ばない。

これまでの蓄電池は、ニッケル水素電池やリチウムイオン電池など新しい原理の発明とあわせて、水素吸蔵合金やリチウム酸化物あるいは種々のカーボン材料の発見により、その性能を段階的に向上させてきている。

今後の革新型の電池の候補として、全固体電池や金属空気電池などがあげられるが、やはりその実現のためには、その電極や電解質などの構成材料のブレイク

スルーが必要不可欠である。

2.2 全固体電池

従来のリチウムイオン電池に一般的に使われている電解液を、固体の電解質に置き換えることにより、コンパクト化、部品点数や工程の削減、充放電条件の拡大などの可能性があり、それらを総合して高容量化が期待される。このような全固体電池に適用する可能性のある固体電解質として、固体内のリチウム伝導が高い種々の材料が提案されている。ただし、電池の出力は、電解質のバルク内のリチウム伝導だけでなく、電解質の粒子間の伝導や電極活物質と電解質の界面、さらには、正負極の活物質内でのリチウム伝導と電子伝導が影響しており、それに関連して多くの研究課題がある。

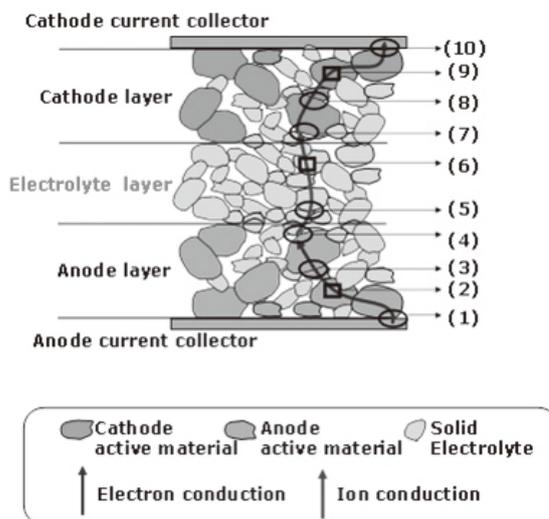


図3 全固体電池概要図

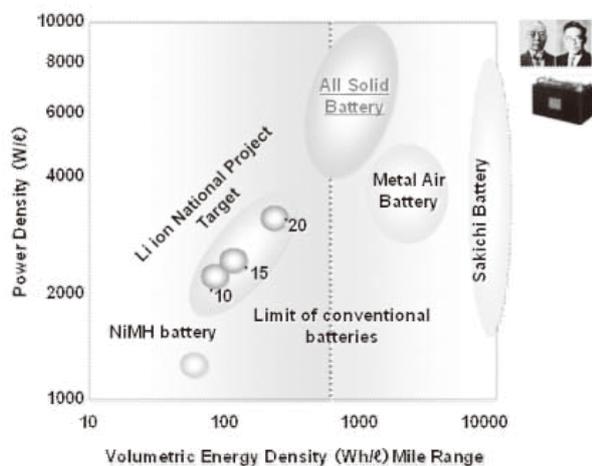


図2 革新電池

2.3 金属空気電池

金属空気電池は、負極で金属の溶出、正極では溶出した金属が空気中の酸素と反応して放電析出物となることで放電することは古くから知られており、すでに亜鉛空気電池などは一次電池としてすでに実用化されている。これまでは、その逆反応による充電は難しいとされてきたが、最近の研究事例で、充電が可能なものがいくつか報告されている。充電反応は、負極での金属の析出と、正極での放電析出物の還元という反応が予想されるので、負極では、平坦に金属を析出させること、正極では低いエネルギーで還元反応を起こすような触媒の探索が研究課題となる。

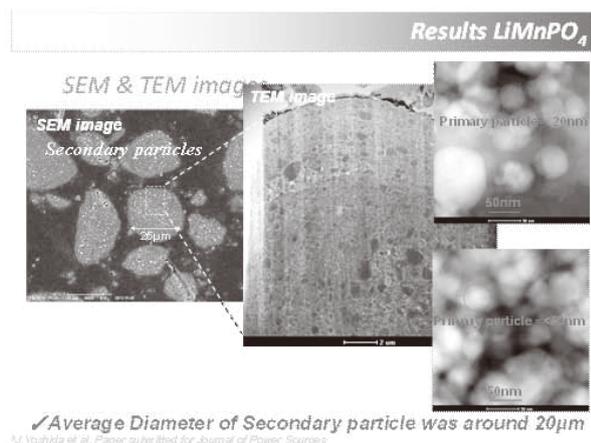


図6 正極活物質の粒子構造

合成時に入れた炭素は、ミリング中に二次粒子内に高分散し、ナノレベルでのパーコレーションがとれやすい状態になっているものと考えられる。また、粒子表面にコートされていなかった。これは形成する活物質と炭素の粒子径がほぼ同等（いずれも数10nm）であるため、コートされなかったものと考えられる。

中央のTEM像から、二次粒子体の内部と表面では一次粒子の密度が異なっており、表面の方が密になっ

ていた。表面が過密になると電解液が浸漬しないため、二次粒子内部まで電解液が浸みず、充放電に寄与できない部分が多くなる可能性がある。

この新しい活物質粒子の合成法に関する研究は、大阪大学内藤牧男研究室と弊社電池研究部吉田淳との共同研究の成果である。

これまで、述べてきたように、革新電池実現のためには、新しい原理と材料、さらに電極加工法に関するブレイクスルーが必要とされ、その中でもとりわけ粉体加工技術は、電池の性能を決定するキー技術と考えられる。今後のさらなる研究開発の進展が期待される。

Captions

- Fig. 1 Sustainable mobility
- Fig. 2 Innovative batteries
- Fig. 3 All solid state battery
- Fig. 4 Metal-air battery
- Fig. 5 Mechano-chemical process
- Fig. 6 Active material particle for cathode