

新エネルギーの先端技術

車載向け二次電池はエネルギー密度の向上がカギ EVブームを背景に開発進む

欧州各国が自動車の脱内燃機関化を表明したこともあり、電気自動車(EV)は今後大量に普及するとみられる。現行のEVは航続距離が短い問題を抱えており、これを解決する次世代電池の開発が盛んに行われている。では、現行の電池がどのようなものなのか、こういった方向性で技術開発が進められているのか。産業技術総合研究所関西センターのエネルギー・環境領域 電池技術研究部門 研究部門長の谷本一美氏、総括研究主幹の小林弘典氏に話を聞いた。

中国、米カリフォルニア州が積極的なEV推進政策を採っていることに加え、欧州でも自動車の脱内燃機関化を長期目標に掲げる国が出てきた。今後世界的に燃費規制は厳しくなり、脱ガソリン・ディーゼル車の流れは進むだろう。ただ、現在のEVは航続距離がガソリン車より短いという欠点を抱えており、心臓部である電池の性能向上が喫緊の課題となっている。

たとえば日産自動車のEV「リーフ」は航続距離280km(JC08モード)で、ガソリン車の航続距離には遥かに及ばない。単純にこれを延長するのであれば車載電池を高容量化すればよいのだが、量をつめばコストが上がるうえ、スペースをとり重量も増す。このため電池そのもののエネルギー密度を向上させることが望ましい。新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の二次電池技術開発ロードマップ2013では、走行距離500km程度を実現するにはエネルギー密度500Wh/kg程度が必要とされている。ただ、これの実現には技術的なブレイクスルーが必要であることも示されている。

ブレイクスルーの必要性

なぜブレイクスルーが必要なのか。実用化されているLiBは構造的な性能限界が近づいている。LiBは主に正極、負極の2つの電極と、イオンの通り道となる電解液、正極と負極を分離し発火を防ぐセパレータの4部材で構成される。中でも正極と負極がエネルギー密度、EVで言えば航続距離にあたる数値を決定する大きな要因になるのだが、一般的な可燃性の電解液を使う場合、安全性との両立を実現するためには使える材料が限られる。現行LiBで実現しているのは200Wh/kg前後で、谷本氏は「自動車側の省エネなどで効率化を図ったとしても、ガソリン車レベルに引き上げるのは難しい」と話す。

航続距離を伸ばすにはこれらの課題を超える必要がある。電解液を固体にした全固体LiBや、正極に硫黄系材料を使用したリチウム硫黄電池、理論的にエネルギー密度が高く、とりわけ体積エネルギー密度に優れる金属空気

電池などが研究されている。また、理論的には高容量化につながる電極があるのだが、たとえば硫黄系の正極や固体電解質は硫化水素の発生、リチウム金属系負極は事故の危険性といった課題を抱えている。これらを使用するための技術開発も進められている。

次世代電池とは

全固体LiBは、これまでの可燃性の電解液を固体電解質(セラミックスなど不燃性の固体)に置き換えることで安全性を大きく向上させるもの。これを実現することで、これまでの電解液では使用できなかった高容量電極を使えるようになる可能性がある。さらに、システム化することで体積あたりのエネルギー密度が他の電池系と比較して有利になるため、車載用途では省スペース化が図れる利点がある。トヨタ自動車と東京工業大学の研究グループは、電解液よりもイオン伝導性の高い硫化物系固体電解質を開発しており、現行のリチウムイオン電池と比較して、室温で3倍以上の高速の充放電が可能であることを実証した。

理論的なエネルギー密度の高いリチウム硫黄電池や金属空気電池の研究も行われている。現行LiBのエネルギー密度の理論値は材料レベルで500Wh/kg程度だが、リチウム硫黄は1,000Wh/kg、金属空気電池は2,000Wh/kgのポテンシャルがある。金属空気電池は空気中の酸素を正極反応に用いることから重量エネルギー密度が大きく向上す

エネルギー密度重視型二次電池	エネルギー密度:60-100Wh/kg、出力密度:330-600W/kg コスト:約7-10万円/kWh	250Wh/kg、~1,500W/kg 約2万円/kWh以下	500Wh/kg、~1,500W/kg 約1万円/kWh	700Wh/kg、~1,500W/kg 約5千円/kWh
EV用	カレンダールife:5-10年、サイクル寿命:500-1,000	10-15年、1,000-1,500	10-15年、1,000-1,500	10-15年、1,000-1,500
本格的EVをめざした車面の積元(電池利用率100%とした場合)	走行距離:120-200km 搭載パック重量:200-300kg 搭載パック容量:16-24kWh 電池コスト、車両コスト:110-240万円程度、260-376万円	250-350km 100-140kg 25-35kWh 50-80万円、200-230万円	500km程度 80kg 40kWh 40万円、190万円	700km程度 80kg 56kWh 28万円、180万円

二次電池の課題	現行LiB	先進LiB	ブレイクスルーが必要	革新電池
正極	スピネルMn系 他	高容量化・高電位化等		金属空気電池 (Al, Li, Zn等)
電解液	炭酸エステル系混合溶媒 他	難燃性・高耐電圧性等		金属負極電池 (Al, Ca, Mg等) 等
負極	炭素系	高容量化等		
セパレータ	多孔質膜	複合化、高次構造化・高出力対応 等		
電池化技術	新電池材料組合せ技術/電極作製技術/固-液・固-固界面形成技術 等			
長期的基礎・基礎技術の強化	界面の反応メカニズム・物質移動現象の解明、劣化メカニズムの解明、熱的安定性の解明、「その場観察」技術・電極表面分析技術の開発、等			
その他の課題	システムとしての安全性・耐環境性の向上、V2HV2G、中古利用・二次利用、リサイクル、標準化、残存性能の把握、充電技術 等			

自動車用二次電池ロードマップ(出典:NEDO 二次電池技術開発ロードマップ)

る。ただ、これらの数値は電極活物質当たりでの値であり、電池セルにした際は値が低下する。

将来、どこまで電池技術が進歩するかはわからない。当面は車載をター

ゲットにした技術開発が、ガソリン車と同等程度の走行距離が実現できるまで続くだろう。ただ、完成車メーカーが満足するスペックの製品ができれば、それ以降の次世代電池開発が鈍化

する可能性はある。自動車以上のスペックが求められる市場向けにある程度研究が進むことも考えられるが、最大市場の車載向けで研究が完結するとそれ以降はニッチ市場になるからだ。

谷本氏、小林氏に聞く電池開発の方向性

——日本の電池開発の現状は

谷本氏 車載電池開発に力を入れ、世界の技術のリーディングを担っていく方向性。電池技術に関しては歴史のある技術を持っている。次世代電池でもいかに主導権を握っていくかが重要になる。現状LiBが使われているのは携帯電話や情報機器などだが、次のマーケットはEV。電池レベルでは中国・韓国勢も技術がついてきたが、日本は材料供給のシェアが高く、技術的な強みもあり材料開発の強みになる。次世代電池用材料の開発につながるかが勝負だ。全体として次世代電池については日本が先行していると認識している。

——日本ではこういったプロジェクトが進められていますか

小林氏 いくつかある。新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の「革新型蓄電池先端化学基礎研究事業」(RISING)が終了し、2016年にRISING 2に移行した。この中でリチウム硫黄電池については鉄と硫黄を組み合わせた材料などを研究している。「先進・革新蓄電池材料評価技術開発」(LIBTEC)では全固体の硫化物系電池を開発している。また、科学技術振興機構(JST)のALCAでは、10年以上先を見据え、リチウム空気電池や全固体電池、マグネシウム電池、電極にリチウム金属を使う研究を進めている。そのほか車載用・定置型電池の応用技術開発が過去にあったが、事業終了し企業ベースでの開発に移行している。

——EVが注目を集めています

谷本氏 現状ではガソリン車より走行距離が短いのが販売のネックになっている。特に日本人は現行より劣る製品を嫌うのではないかと感じており、一層の普及には走行距離を最低でもガソリン車に匹敵するレベルに上げる必要があるだろう。自動車側の改善のみでは難しく、電池を高容量化する必要がある。



谷本氏



小林氏

——全固体電池の実用化が近づいています

谷本氏 電解質を固体にして安全性を担保するだけでなく、例えばこれまでの液系では使えなかった材料を使うことで性能を向上させなければ置き換えは難しい。車載で考えた場合、走行距離が短いという明確な課題を改善できるものでないと難しく、それには電極を変える必要も出てくる。

小林氏 全固体ならではのメリットを出していかなければならない。体積あたりのエネルギー密度が高い点は利点となるが、電解液だと分解してしまい使えない材料を使うなど、さらに性能を高める必要がある。電池の切り替えにも生産設備への投資コストがかかるため、性能が向上しなければ置き換えは起きない。

——さらなる次世代電池も見えています。2050年ごろの電池の姿は

谷本氏 時代のニーズによる。金属空気電池を筆頭に理論値でエネルギー密度の高い電池があるが、電池は部品であり、要求されるスペックを満たすものが求められる。1970年代にも排ガス汚染の問題からEV開発に力を入れたが、エンジンの効率化でクリアしてしまい、電動化の必要性が薄れてしまった。ただ、2050年ごろでも地球温暖化対策としての再生可能エネルギー貯蔵向け用途はあると考えられる。

小林氏 今、電池が注目されているのは自動車に使うから。この開発に決着がついてしまうと、航空機向けなど車載以上のスペックを要求される用途は考えられるものの、それ以降はニッチ市場向けになるため研究が鈍化していく可能性もある。全固体電池がガソリン車レベルの走行距離を満たし、メーカーがそれで十分と判断すれば、その次の電池には新たなニーズが必要になる。また、次世代電池が出て全固体電池は残るものだと考えている。車載レベルの技術が確立さえすれば絶対的な安全性があるため、移動体などでニーズがあるのではないかと。