

研究最前線

次世代電池の研究

全固体電池のための  
イオニクス材料探索

電気を効率的に利用する社会に向けて

◎化学生命工学部  
荒地 良典 教授

スマートフォンや電気自動車などで利用が広がるリチウムイオン二次電池。しかし、普及と共に発火などのトラブルも急増している。そこで、安全でエネルギー密度の高い新しい電池の開発が望まれている。そんな中、次世代電池の有力な候補として、研究開発競争が活発に繰り広げられているのが全固体電池。化学生命工学部の荒地良典教授のイオニクス材料研究室は、全固体電池の実用化に向けた材料探索に取り組む。

電気自動車普及の鍵を握る全固体電池



高速イオン伝導性をもつ粉末の合成

—イオニクス材料研究室では、どんな研究をされているのですか？

イオニクスという言葉はあまりなじみがないかもしれませんが、エレクトロニクスが電子の現象を扱うのに対して、イオンの現象を扱うのがイオニクスです。私の研究室では、特に次世代の二次電池「全固体電池」のための新しいイオニクス材料の探索をはじめ、合成や構造の解析に取り組んでいます。

—全固体電池とはどういった物ですか？

電池には電気を起こす電池もあれば、電気をためる電池もあります。私達が研究しているのは、発電するだけの使い切りではなく、使った後に電気をためればまた使うことができる蓄電池。これを二次電池といいます。

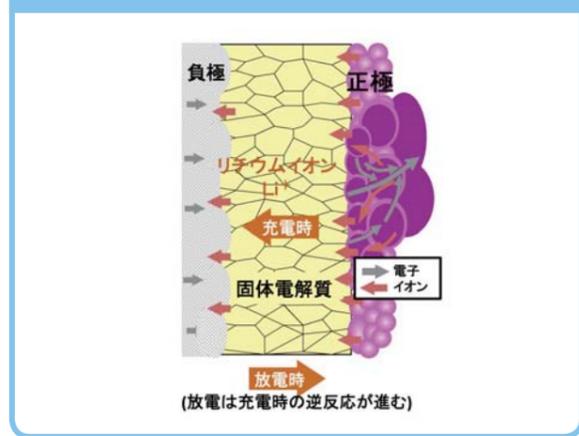
鉛蓄電池など二次電池は昔からありましたが、現在、広く使われているのは、リチウムイオン二次電池です。電池はプラス極とマイナス極と電解質からできていて、リチウムイオン二次電池の場合は、リチウムイオンが両極間の電解質を通じて動いています。

リチウムイオン二次電池はエネルギー密度が非常に高く、軽く、場所もとらないので、スマートフォンやノートパソコン、自動車など、生活の身近なところで利用されるようになりました。しかし、電解質は可燃性の有機溶媒のため、液漏れや発火の危険性があるなどの短所があります。

全固体電池の電解質は従来の液体に代わり、固体材料を用いた



■ 固体電解質を使った全固体電池 (イメージ図)



新しい電池です。電解質を固体にすることで、液漏れのリスクもなく、燃えにくく、安全性が向上します。液体よりも低温から高温まで広い温度の範囲で利用でき、その上、1つのセルに電極を直列に何層も重ねられるため、高い電圧を得られるなどの長所もあります。

フランスでは、2040年にガソリン車、ディーゼル車の販売を禁止するという政策が発表されました。大気汚染の深刻な中国でも電気自動車への移行が鮮明です。しかし、自動車がガソリン車から電気自動車へと完全にシフトチェンジするためには、今よりも安全性が高く、走行距離も長くできるようにしなければなりません。そのために欠かせない次世代電池として、全固体電池に大きな期待が寄せられているのです。

正極・電解質の界面のイオン伝導を活発に

—全固体電池は実用化に近いのですか？

現状はまだ模索段階です。電解質に硫化物を使うものと酸化物を使うものの研究がそれぞれ進められています。私達が研究しているのは酸化物型ですが、市場に出るのは電解質材料の開発で先行してきた硫化物型の電池が先になると思います。硫化物は柔らかいので、電極と電解質の接合もしやすく、イオンの出入りもしやすい。しかし、固体であっても硫化物は空気中の水と容易に反応して、毒性のあるガス(硫化水素)を発生します。ですから、大気にさらすことができません。気密性を確保する必要があります。一方、酸化物は大気にさらしても、有毒なガスの発生や燃える心配はありません。酸化物ならば、解決しなければならない課題は多いのが現状ですが、より安全性の高い究極の電池として実用化できる可能性があります。

—先生はどのような課題に取り組まれているのですか？

プラス極と電解質の間で活発にリチウムイオンが入り出せるように、いかにそこにアクティブな界面を構築するかを目的に研究しています。プラス極と電解質の界面が重要な課題だということは、多くの研究者が分かっていたことですが、同時に難題であることも認識されていました。そのような状況でしたが、「究極の電池を作りたい」という思いから、まだまだ課題の多いこの研究を始めることになりました。

—成果が出せるという確信はあったのですか？

2013年に始まった国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)の先進的低炭素化技術開発(ALCA)の次世代蓄電池プロジェクトに参加し、この研究に本格的に着手しました。その時には、何とかするという手応えは全然ありませんでした。ただ、以前研究していた燃料電池(SOFC)の技術、反応プロセスを応用すればうまくいくかもしれないという考えはありました。初めの頃は、やれどもやれども試作の電池がまともに動かない。今はやっと動くようになりましたが、実用で使えるような出力を出すまでにはほど遠い。それでも、動かないものが動くようになったことは大きな進歩です。

電気を効率的に利用する社会を目指して

—今後の研究はどのように進めていく予定ですか？

エネルギー密度を上げるためにプラス極を厚く、抵抗を小さく



▲電池性能を調べている様子

▼グローブボックスの中で全固体電池を組み立てる様子



して電気を効率的に取り出すために、電解質はできるだけ薄くしていきたい。それを可能にする新しい正極材料となる物質の探索、合成を継続していきます。

天然の鉱物をヒントに、こういう原子の並びならば動くのではないかと、いつも頭の中で立体的に原子の配列を思い浮かべています。元素の候補を選び、すり鉢で粉をすり合わせ、グローブボックスの中で電池を組み立てる。地道な作業も多いですが、想像もできない物質を自分で作れるかもしれないという面白さがあります。

そして、これまでは電池を動作させることを優先に取り組んできましたが、動くことが分かった以上は、なぜ動くのか、どの部分が影響しているのかなど、イオンの位置や電子構造にも注目し見極めていきたい。そのために、大型放射光施設のSPring-8などの実験施設も利用しています。限られた利用時間の中、作業は深夜に及ぶこともあります。学外の施設を利用することは、学生達にとっては良い刺激になるようで、熱心に研究に取り組んでいます。

—このような研究に関心をもったきっかけは？

1986年4月、チェルノブイリ原発事故と高温超伝導体の発見という2つの大きなニュースが報じられました。私は当時高校生でしたが、チェルノブイリ事故を怖いと思いました。一方、この年の同じ月にセラミックスが超伝導を示すことが発見されました。それは液体窒素で冷やすと抵抗がゼロになることですが、その超伝導を示す温度が室温に近づけばエネルギー問題は一気に改善する。そういう材料を見つけることも魅力だと感じました。この2つの出来事は、科学の光と闇だと感じました。それから自分には何が出来るだろうと考え始めました。大学生になって、いろんなタイプの電池を研究している研究室に入り、燃料電池の材料研究に取り組んだことが現在につながっています。

2011年の福島原発事故の後、かつての私と同じ思いでいる学生がいるのではないかと、そんなことを想像しながら「マテリアルを勉強していることでやれることは必ずある」と話しました。

原子力発電だけに依存するのではなく、再生可能エネルギーをもっと多くの場面で活用できるよう、全固体電池の研究を進めていきたいと思っています。