

微細なデータも見逃さない！ 徹底した基礎研究で 次世代二次電池へチャレンジ！

世界の自動車メーカーはいま、環境負荷低減などをめざし電気自動車開発に力を注いでいます。そして、その鍵を握るのが駆動エネルギーとなる二次電池。次世代二次電池へとつながる研究成果で注目を集める京都大学大学院工学研究科の安部武志教授に、開発の現状と課題、さらに将来の夢について伺いました。



京都大学大学院 工学研究科
物質工エネルギー化学専攻

安部 武志 教授

1996年、京都大学工学研究科物質工エネルギー化学専攻後期博士課程修了。京都大学大学院工学研究科准教授などを経て、2009年4月より現職。炭素材料、リチウム電池、燃料電池、黒鉛層間化合物などを専門に研究を行う。電池技術委員会賞(2005年)、炭素材料学会学術賞(2009年)などを受賞。

社会のしくみをも変える 二次電池の可能性

—— 二次電池はいまや21世紀の“産業の米”といわれ、非常に期待されている技術領域です。その魅力はどこにあるのでしょうか。

使い切りの一次電池と違い、充電すれば何度も再生利用可能なのが二次電池。資源の有効活用の面で、また低炭素社会への貢献という意味でも地球環境への負荷を低減する技術といえます。歴史的には1859年に鉛蓄電池が登場し、主に自動車用バッテリーとして使われてきています。一方でその小型化も追い求められ、ニッケル・カドミウム蓄電池、ニッケル水素電池、そしてリチウムイオン二次電池などが開発されました。

—— リチウムイオン二次電池は電気自動車にも搭載され、注目されています。

ニッケル水素電池に比べてエネルギー密度が高く小型で軽量。ノートパソコンや携帯電話などでも広く使われています。ハイブリッド車ではニッケル水素電池が主流でしたが、電気自動車ではリチウムイオン二次電池を搭載するケースが増えており、需要の急拡大が予想されます。

—— 開発競争は熾烈のようですが、先生の研究室ではどんなテーマに取り組んでいるのですか。

大きくは3つ。ひとつはいまお話ししたリチウムイオン二次電池。2つ目がマグシウムやカルシウムを使った次世代型の二次電池。そして3つ目が、水素と酸素を反応させて発電する燃料電池です。

—— 二次電池と燃料電池は、種類が違うのですね。

混同されている方もいらっしゃると思いますが、二次電池は発電するものではなく、あくまで電気を蓄えるもの。例えば、風力発電や太陽光発電などの自然エネルギーでつくった電気を蓄電する。それを必要に応じて自動車用電力や家庭用電力として効率的に使うことで、発電した電気を無駄にしないですむ。結果として、省エネが実現できるわけです。コンピュータなどで電力の供給と需要をきめ細かく調整するスマートグリッドが日本でも着々と準備されていますが、この新たな社会インフラにおいても二次電池は重要な役割を果たしますね。

—— 先生は国家プロジェクトでもリチウムイオン二次電池や革新型電池の研究をされていますね。

「RISING事業^{*}」です。2009年10月、私の前任の小久見善八教授のもと、産学官のオールジャパン体制でスタートしました。狙いはリチウムイオン二次電池の革新と、それに続く革新型蓄電池の開発です。本格的な電気自動車の普及のためには信頼性や性能、コスト面などクリアすべき課題が山ほどある。私は「電池反応解析グループ」のリーダーとして、電池反応のメカニズム解明に集中しています。

※革新型蓄電池先端科学基礎研究事業 (Research & Development Initiative for Scientific Innovation of New Generation Batteries)。大学・研究機関など14機関と自動車メーカー、電池メーカーなど企業12社の研究者が参加。次世代電池開発をめざす。

—— 蓄電池の歴史は150年以上あります。それでもメカニズムは、まだ解明されていないのですか。

物理現象を利用した半導体素子と違い、電池は化学領域の製品です。正極(プラス)と負極(マイナス)、それに電解液。これらの化学反応で充電と放電を行っている。半導体は物理的な電子の移動だけで母体は傷みません。それに対し電池は母体の構造が変化したりする。その基本メカニズムが非常に複雑で、特に充放電を繰り返すと性能が落ちてくる劣化メカニズムは十分に解明されていないのです。それだけに研究しがいのある分野といえますね。

自ら考え、手を動かせば 直感が養われる

—— メカニズムの解明というのは、基礎的なアプローチですね。

RISING事業でもそうですが、私の研究室では基礎研究を重視しています。電池の性能を上げるだけの研究というのは、大学の研究者にとってはおもしろくない(笑)。基礎に戻り、「なぜそうなるのか」を徹底して追究していると、突然いい答え、思いもよらない可能性がポーンと出るんですね。

—— 最近の例では何かありますか。

例えば先頃発表した、負極にマグネシウム金属を使う「多価イオン電池」も、そうした地道な基礎研究から生まれた成果です。これはリチウムイオン二次電池の10年、20年先を見据えた革新型電池。負極にマグネシウム金属、正極に酸化物を使う構造です。

リチウムイオン二次電池だと1個ずつしか電子を動かせないと、マグネシウムでは2個動かせるのが特徴で、つまり同じ大きさで一気に2倍のエネルギー密度となる。将来的には3個以上の電子を動かせる可能性もあります。

—— マグネシウムを使う利点というのは？

まずコストです。マグネシウムはリチウムに比べて、安価で資源も豊富。さらに融点が高いので、安全性が向上するというメリットもあります。2年ほど前から研究室の4回生を中心に研究していたのですが、非常に価値のある発見です。

—— 学生さんもがんばったんですね。

というより「学生が」がんばった(笑)。うちの研究室の学生のデスクには、「君たちが頼りだ」と書いた紙が貼ってある。もう教員に頼るな、と。いわば放牧です(笑)。実際はキチッと指示を出すほうが、学生も私も楽なんです。しかし私はいいデータが出



学生自ら出力した「教訓」が
しっかり貼られている

なくても2年間はずっと我慢します。とにかく自分で考えて、自分で手を動かしてもらおう。すると研究者としての能力が非常に養われるんです。将来卒業して企業に入るにしても、研究者になるにしても、

“指示待ち”ではいい仕事できませんからね。

—— 地道な日々の実験の中から、何かをつかんでいくことを体感させるわけですね。ところで、先生

の研究室ではHORIBAの装置も使っています。

うちの研究室にはラマン分光測定装置があるのですが、例えば電池がまさに動作している状況を反映した電気化学測定をしながら構造解析ができるという、非常に強力なツールです。しかも“その場測定”(コラム参照)ができるので、電池の反応解析にはもってこいです。こうした最新機器を使うに際して、私が学生によく言うのは、測定装置の原理を理解しなさい、ということ。そうでないと微妙なデータが読めなくなる。簡単な操作で分析結果が得られる使い勝手のいいツールだけに、研究者はその分析過程で何が起きているのかをしっかりと見極める姿勢が求められます。

—— そもそも研究活動の中で、分析装置で得られたデータをさらに解析することには、どのような意味があるのでしょうか？

いわば研究の原点です。学生には失敗したときのデータもきちんと取っておくように、と言っています。たとえ実験に失敗しても、数値をしっかりと残しておけば、それが後々新たな発見につながることもある。また、一見ノイズのようなデータからも、分析しだいでいろいろなことが読み取れます。基礎研究、特に化学における研究は、地道な研究の繰り返しです。その過程の中で成果につながるわずかな兆しを見つける。ある意味“出たとこ勝負”という面もある。ただ、それは偶然に任せたものでは決してありません。大きな成果の背後には必ず累々と失敗した研究データの山が続いている。非常に辛いですけど、これは研究者の宿命ですね。

C O L U M N

ラマン分光測定装置による「その場測定」

リチウムイオン二次電池の場合

リチウムイオン二次電池の動作メカニズムを解明するには、電池内でのイオンの動きを知ることが重要。例えば充電過程で負極の炭素系材料に、リチウムイオンがどう入り込んでいくのか、ラマン分光測定装置のスペクトル解析から推測することができる。充放電過程や温度などの環境条件などを変えながら測定できる同装置は、実際の電池使用時に近い条件でのデータ取得が可能。そのため、研究者にとって有効なツールとなっている。安部研究室では、研究室で独自に開発したセルを活用し、多様な材料を使った「その場測定」を実施している。

技術を支える基礎研究を進め 電池メーカーの“アンカー”に

—— 電池開発の今後へ向けた課題についてはいかがでしょう。

まずリチウムイオン二次電池の課題としては、当然蓄電容量の向上がありますね。そして何より安全性。この電池の特性として、内部短絡によって熱暴走する危険性がある。電極材料や電解液、構造面からのさらなる検討が不可欠です。もうひとつはサイクル寿命の問題です。

—— サイクル寿命というとは？

何度充放電できるかというのが、サイクル寿命。二次電池は充電するたびに少しずつ劣化します。携帯電話向けだと充放電が500回できる前提でつくっていますが、自動車はそうはいかない。少なくとも3000回は求められる。また普及のためには、コストへの目配りも欠かせません。

—— 革新型電池についてはどうでしょう。

こちらはそれ以上に難問だらけ。電気自動車については2030年の本格普及を目安としていますが、そのためには性能面で現在のリチウムイオン二次電池の3~5倍、コストは40分の1という要求がある。私たちの「多価イオン電池」や、そのほか「空気垂鉛電池」も有望な候補で、多様な原理的メリットがありますが、まだまだ実用化へのハードルは高い。でも、だからこそ「私たちがやらなきゃ、誰がやる」という意気込みでチャレンジしています。

—— リチウムイオン二次電池は1990年代に日本が世界に先駆けて実用化しました。それでも近年は、韓国や中国の追い上げが激しいと聞きます。

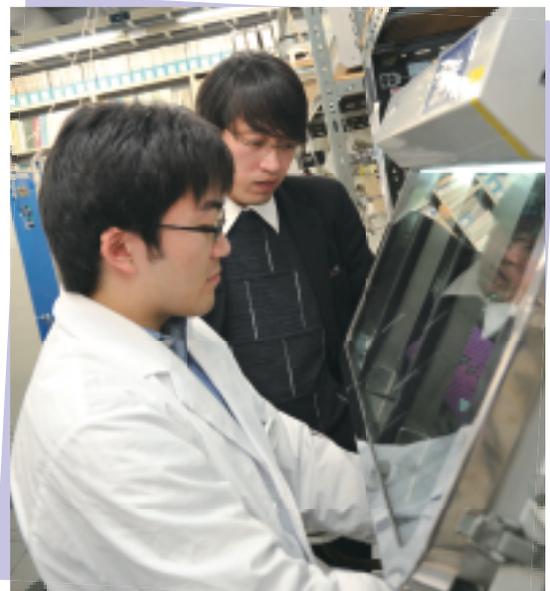
確かに日本の電池メーカーが蓄積したノウハウはすごい。材料から構造、さらに自動車への製品化技術などトータルに見ると、ほかにない強みがある。しかし欧米や韓国、中国などは積極投資により研究開発体制をハイペースで強化しています。日本は次世

代電池、次々世代電池の研究で基礎をきっちり積み上げ、継続的に優位性を保つ工夫が必要ですね。

—— では、電池研究に日々励んでおられる安部先生が楽しく幸せな瞬間というのは、どんなときですか。やはりひとつは、アイデアがぼっと頭に浮かんだ瞬間ですね。研究などに行き詰まると、よく駅からキャンパスまで歩く約30分の間、ひたすら考える。いわば思考実験をするわけです。だいたいは失敗しますが(笑)、たまにいい着想につながることもある。そんな瞬間は楽しいですね。でも実は私、学生の頃は電池が嫌いだったんですよ。「なんてわかりにくい学問だろう。絶対にこんなところ、行かんところ」と(笑)。それがひょんなことから自分の専門の炭素材料と、電池には重要なリチウムイオンが結びつき、いまは電池がおもしろくてしょうがない。

—— 最後に先生の夢を教えてください。

「未来の電池」を研究しながら、産学官のリーダーを今後、何名育てられるか。そこに期待しています。研究室の教訓である「君たちが頼りだ」も、リーダーシップの醸成を意図しています。あとは、電池分野での“アンカー”になれたらいいですね。関西地区には有力な電池メーカーが多いのですが、「この原理がわからないのです」と聞かれることも多い。そういうときのためにも、今後とも技術を支えるための基礎研究をしっかり続けていきたいと思っています。



学生をじっくりと見守り
自主性を最大限引き出すのが
安部教授のスタンスだ