

○講演1 司会 京都大学名誉教授 吉川 暹 氏(当会顧問)

「電池の適材適所—電池は再エネの変動性を補償しうるのか?—」

京都大学名誉教授 八尾 健 氏(当会顧問)

講演要旨

近年、電気自動車の電源に、あるいは太陽光発電のバックアップにと、電池（燃料電池を含む）への期待が大きくなっている。高性能電池のイノベーションが望まれる中、多くの研究開発投資が行われているが、期待通りの成果が得られているかについては疑問が残る。電池は身近にありながら、その原理はよく知られているとは言えず、ブラックボックス化している。実は、これが電池イノベーションの方向を誤らせる原因となっており、それを正していくことが重要である。電池発電の理論から、「反応するものは何でも電池になる」ことを明示することができる。それでは、電池の成否を決めているのは何かというと、それは実用性である。電池は実学である。実用性の評価項目には、起電力や充放電サイクル特性、更にはコストやリサイクル性をあげることができる。実用の条件は非常に厳しく、これまでごくわずかな種類の電池が実用化したに過ぎない。電池開発の歴史を展望して、これを示す。以上を総合して、電池イノベーションの目指すべき方向について提案する。

講師略歴

1973 年京都大学工学部工業化学科卒業、1978 年京都大学大学院工学研究科博士課程修了、同年京都大学工学部助手、助教授を経て 1995 年京都大学工学部教授、1996 年京都大学エネルギー科学研究科教授・工学部教授、2005 年京都大学評議員、2006 年京都大学エネルギー科学研究科長、2008 年京都大学経営協議会委員、同年文部科学省 GCOE 拠点リーダー、2014 年京都大学名誉教授、同年国立香川高等専門学校校長、2018 年国立香川高等専門学校名誉教授、2019 年富山県立大学客員教授、2021 年シンビオ社会研究会顧問
工学博士、第 1 種放射線取扱主任者、第 1 種情報処理技術者



講演の詳細記録

京都大学名誉教授 吉川 暹 氏(当会顧問)の司会で、講師の八尾 健 氏の略歴紹介ののち講演に入り、八尾氏より次のような内容の講演があった。

1. 近年、電気自動車の電源に、あるいは太陽光発電のバックアップにと、電池（燃料電池を含む）への期待が大きくなっている。高性能電池のイノベーションが望まれる中、多くの研究開発投資が行われているが、期待通りの成果が得られているかについては疑問が残る。電池は身近にありながら、その原理はよく知られているとは言えず、ブラックボックス化している。実は、これが電池イノベーションの方向を迷わせる原因となっており、それを正していくことが重要である。
2. 電解質は、イオンのみを通し、原子も電子も通さない性質を持つ。2種類の物質が電解質で遮られているとき、一方の物質がイオンと電子に分かれ、イオンが電解質を通り、電子は別の経路としての導電線を通して、もう一方の物質に到達し、そこで化学反応が完結する。この時、導電線を通る電子の流れを電気エネルギーとして活用するのが、電池である。化学反応のエネルギーが、これらの物質移

動の駆動力となる。電解質には、圧倒的に水溶液が使われている。身の回りにふんだんにあるため、この特異な性質に余り気づかれていない。その他に有機電解質、固体電解質などがある。まとめると、電解質を挟んで互いに反応する物質を配置すれば、何でも電池になる。電池の原理的な理論は完成している。電池の成否を決めているのは、実用性である。電池の学問は実学であり、電池は実用性が重要である。実用性の要件として、高い起電力、小さい内部抵抗、小型・軽量、コスト、良好な保存性等があげられる。二次電池では、さらに、充電放電の繰り返し回数が要件として加わる。さらには、小さい環境負荷や優れたリサイクル性も重要となる。

3. 電池の化学反応は過酷である。例えば水は 1.24V で水素と酸素に分解するが、高温によりこれを達成しようとする、約 2500°Cが必要である。電池の開発は、過酷な反応を克服する材料の開発となる。何でも電池になるが、実用性の要件を満たすものはごく少数に限られる。
4. 1800 年のボルタ電池の発明以来、種々の電池が開発されてきた。19 世紀には、燃料電池、鉛蓄電池、マンガン電池、ニッケルカドミウム電池（原理的に同等なニッケル水素電池を含む）が発明された。我々が日常よく使用している電池の多くは、実は 19 世紀の産物である。20 世紀に開発された電池としては、リチウムイオン二次電池、レドックスフロー電池およびナトリウム電池をあげることができ、レドックスフロー電池およびナトリウム電池まだ十分実用化されているとは言えない。200 年以上にもわたって、多数の研究開発が精力的に行われたにもかかわらず、実用に供されている電池の種類は、ごく少数にとどまっている。この事実は、実用性という条件が、非常に厳しいことを示している。原理的には何でも電池になるが、即ち発電はするが、実用になるものはごく少数に限られることを、歴史が示している。今後、新規に実用性のある電池が開発される可能性を否定することはできないが、論理的に考えて、その確率が高いとは決して言えない。現在実用化されている電池の特性に応じた使い方、即ち電池の適材適所が、地に足がついた、電池活用の戦略となる。
5. リチウムイオン二次電池と鉛蓄電池を比較すると、リチウムイオン二次電池は、エネルギー密度やサイクル寿命等で優位に立ち、鉛蓄電池は、安全性や電池コストやリサイクル性等で優位に立つ。どちらか一方に偏るのではなく、目的に応じて、適材適所に使用するのがよい。講演者によって、過放電に大きな耐性のある新型鉛蓄電池が発明されている。新型鉛蓄電池では、サイクル寿命でもリチウムイオン電池に劣らない。新型鉛蓄電池が、リチウムイオン二次電池を置き換える場面も十分あり得る。八尾氏は、電池は身近にありながら、その原理がよく知られているとは言えず、ブラックボックス化しており、これが電池イノベーションの方向を誤らせる原因となっているとの観点から、まず電池の原理について解説された。電池発電の原理から、「反応するものは何でも電池になる」ことを明示され、電池の成否を決めているのは「実用性」であり、評価項目として、起電力や充放電サイクル特性、更にはコストやリサイクル性などをあげられた。実用の条件は非常に厳しく、電池開発の歴史を展望して、これまでごくわずかな種類の電池が実用化したに過ぎないことを示された。電池は、人気で判断せず、客観的に、視野を広く比較検討し、適材適所に使用することが必要で、地に足がついた研究開発が重要であり、「夢ではなく現実を語ろう」と締めくくられた。

質疑応答

Q1：電池の原理についてはよくわかった。電解質中をイオンが移動する原動力は何か？

A1：それは化学反応のエネルギーである。2 つの物質が離れて存在するより、化学結合をする方がエネ

ルギー的に安定になるのであれば、そのエネルギーを原動力として、原子が電子とイオンに分かれ、イオンが電解質中を移動するのである。

Q2 : NAS 電池はまだ実用化されていないとお話でしたが、九州電力で使用しており、すでに実用化しているのではないかと？

A2 : 開発経費や補助金を使って運用しており、コスト的に自立していない。実用化とは言えないのではないかと。また、火災が発生しており、安全性にも問題がある。広く安心して使えるレベルの安全性が必要ではないかと。火災の発生を公表しておらず、客観的評価を回避する方向はよくない。

Q3 : 最近日産がニッケル固体電池でEVに使おうとしている。一方、大津の日電ガラスは高価なリチウムの代わりにニッケルを用い、ガラス電極の固体電池の開発に成功したと発表しているが、どう思うか？

A4 : リチウムイオン二次電池の固体電解質としては、酸化物よりも硫化物やリン化物の方が結晶内の隙間が大きくなるので性能がよく、イオン伝導度で従来の液体の電解質を凌ぐものもある。しかしいったん事故が起こると、硫化物は硫化水素を、リン化物は猛毒のホスゲンが発生するので、実用に供することができない。しかし酸化物では、イオン伝導度が2桁も落ちてしまう。現在の研究は、酸化物と硫化物・リン化物の間を行ったり来たりしている状態で、実用化にはまだ問題がある。新しい電池を開発できたというニュースなどで、充放電が数十回できたとか、非常に低い電流ではあるが動作を実現した等のアナウンスがよくされているが、いずれも実用には程遠く、「何でも発電する」の部類であるが、補助金が出ているので、企業も成果を世にアピールする必要に迫られてやっているのであり、受け取る方もそのあたりの事情をよく知っておく必要がある。また日本電気硝子は、ガラスの専門メーカーで、結晶化ガラスにも高い技術力を持っているが、その技術を使って成果をあげたということアピールしているだけではないかと思われる。シリコン太陽電池の時もそうであったが、一般に材料開発が行われるときは、アモルファスやガラスの方が作りやすいので、それがまず先行して、その後結晶が開発されると、物性では結晶の方が優れたものができるので、アモルファスは結局結晶に負けることが多い。