

電気化学エネルギー変換デバイス特性の理解 ～電流・電位と量子ビーム計測結果との融合～

内本 喜晴

京都大学大学院人間・環境学研究科

蓄電池は電気エネルギーの貯蔵媒体として、今後の環境・エネルギー問題の解決のためのキーデバイスとして活発に研究開発が行われている。特に重要なのは運輸部門であり、低炭素化技術の決め手とも言えるEVやPHEVを社会に本格的に普及させるには、走行距離の伸長や高寿命化等が必要である。そのためには、車載用蓄電池の飛躍的な高エネルギー密度化、高レート特性、耐久性・信頼性の向上、低コスト化等を図る必要がある。しかしながら、解決すべき課題は多く、また、その技術革新のハードルは高いことから、いかに迅速に上記の電池性能を支配している因子(性能支配因子)を特定し、それを基に材料や構造設計を行い、要素技術の開発を効率的・加速的に進めていくかが重要である。

蓄電池のエネルギー密度、レート特性、耐久性を支配している現象は複雑である。蓄電池の反応では複数の現象が絡み合っており、なおかつ非平衡状態であるため、従来の蓄電池研究で使用されてきた解体分析では、反応速度の支配因子や劣化機構を的確に把握できないのが現状である。リチウムイオン二次電池の場合、反応の基点は電極/電解質界面における相間リチウムイオン移動からはじまり、その抵抗は電荷移動抵抗である。次にリチウムイオンが活物質に挿入脱離を繰り返すことで反応が進行するが、その際に電気的中性条件を満たすために電子も同時に挿入脱離する。活物質内ではイオン拡散による格子の再編が生じてこれに伴う相変化が進行し、その抵抗は拡散抵抗である。

従来の蓄電池開発においては、電池の試作を行い、それを作動させ、電池性能や劣化、安全性などの特性評価を行い、電池を解体して分析し、不具合結果を把握して、そこから性能を規定している要因を類推し改良を加えてきた。蓄電池は複雑系であり、一つの因子を改良すると、それが別の部分に不具合を発生させることももあり、トライアンドエラーのループを繰り返すことにより、膨大な行程をかけて新しい蓄電池をつくってきた。この摺り合わせの手法では、開発に

膨大な手間と時間を要する。それを打破するために、我々は主に放射光を用いる種々のoperando計測技術を開発し、特性支配因子を特定することにより、手戻りのない開発を試み、幾つかの研究において、材料設計指針を示すのに成功してきた。それらについて概説する。

