

「蓄電池，燃料電池の動的過程」の解析



尾 嶋 正 治

超スマート社会 Society 5.0 を目指した技術開発が進められています。AI や IoT, データサイエンスが大きな役割を担っていることは論を俟ちませんが、一方で再生可能エネルギーへのシフトも大きな柱です。不安定な電力である太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーを有効に利用するためには、安価で高効率の蓄電池が不可欠であり、また水素の形で貯蔵して必要な時に燃料電池で電力を供給するという考え方も現実化しています。

このような社会的、技術的背景のもとに、革新的蓄電池、特に全固体型リチウムイオン電池や高性能燃料電池の開発が進められています。電池研究は長い歴史を持つ分野で、どちらかというと経験と勘で材料組成や構造を変えて電池の高性能化を目指すものです。私が長年携わってきた半導体研究、well-defined surface を扱う表面科学とは、研究スタイルやカルチャーが大きく異なっているというのが12年前に NEDO 燃料電池研究プロジェクトに参加した時の印象です。しかし、現在では、超スマート社会実現に不可欠な高性能電池を開発するため、科学のメスが入りつつあります。それが「オペランド計測」です。

一般に計測法、分析・解析法では、1) 高感度 (検出限界の向上)、と 2) 高分解能 (解像度の向上) が要求されます。分解能としては、空間分解能、時間分解能、エネルギー分解能が挙げられます。しかし、いくら高い感度や分解能の計測法を開発しても、測定対象が、(使用条件の試料ではない) 乾燥した試料で、しかも超高真空中で測定している、機能に関する支配要因 (真の物性、構造、化学状態など) は明らかにならず、高性能化に向けた改善指針は得られません。「『測りやすいもの』ではなく、『測って欲しいもの』を測る」、のが鉄則です。

我々がやっているオペランド分光の分野では、2003 年から 3 年おきに “Operando spectroscopy of catalysts” が開催されており、今年 Operando VI がスペインで開催されました。燃料電池/蓄電池研究に用いられるオペランドの手法としては、1) 放射光 (XAFS, 発光分光, 光電子分光), 2) STEM/EELS, 3) ラマン散乱・赤外吸収, 4) SPM, 5) NMR などが挙げられますが、いずれの測定でも試料回りに大きな工夫を凝らし、超高真空とのマッチングを何とか実現している、という状況です。我々も SPring-8 東大ビームラインにおいて軟 X 線発光分光で燃料電池や蓄電池のオペランド分光を行いました。超高真空と電池を隔てる SiN/SiC 超薄膜を何度も破ってビームラインに迷惑をかけてしまいました。しかし、動作環境下における正極物質の電子状態は、この苦勞に報いるのに十分豊かな情報を与えてくれました。また、ここで学んだ教訓は、「オペランドでさえあれば有益な情報が得られる」というのは甘い考えで、動作環境下で、かつ最高の分解能だからこそ有益な新しい知見が得られる、ということでした。さらに言えば、これらの貴重なデータを理論解析と突き合わせることも、また Materials Informatics (MI) など情報科学の観点で深く掘り下げることが重要であることを痛感しました。この融合技術により、日本の電池研究、電池産業がさらに発展することを願っています。

(東京大学放射光分野融合国際卓越拠点・東京都市大学総合研究所)