

リチウムイオン2次電池の TIARA 実験データ解析と レーザー生成イオンビームの利用可能性

光産業創成大学院大学 三間 罔興

日本原子力研究開発機構高崎量子応用研究所の先端研究施設共用促進事業の支援を得て、2010年8月27日 以来、2年6ヶ月にわたり、TIARA のシングルエンド静電加速器の μ -Proton Beam を利用した PIGE/PIXE により、 μm の空間分解能でリチウム2次電池電極活物質中のリチウムイオン濃度計測を行なってきた。また、本研究は、独立行政法人科学技術振興機構とスペイン科学・イノベーション省 (MINECO) 共同事業「戦略的国際科学技術協力推進事業」の「環境への挑戦のためのナノテクノロジー及び新材料」における「イオンビーム分析技術を用いた先進電極材料の評価と次世代リチウムイオン電池のための電極材料の開発」としても進められている。国内では、光産創大、原子力機構・高崎量子応用研究所、株式会社豊田中央研究所、京都大学が協力している。ここでは、その結果と意義につき講演する。

リチウムイオン電池の性能はリチウムの「動き易さ」に依存し、「動き易さ」は充放電におけるリチウム分布の計測により知ることができる。電極材料の開発には、電池内部のリチウム分布を可視化することが有効であるが、厚さ数 $10\mu\text{m}$ の複合材料電極内部のリチウム分布を直接観察することはこれまで困難だった。

電極材料の解析には、例えば大型放射光施設「SPring-8^{*}」や光電子顕微鏡などが利用されていますが、X線はリチウムなど軽い元素に反応しないため間接計測になることや、光電子顕微鏡では深さ $1\mu\text{m}$ 程度の表面計測に限られるなどの制約があるため、新しい計測法の開発が望まれていた。

イオンマイクロビームによる PIGE 元素分析法では、イオンビームとリチウム原子核との相互作用において放出されるガンマ線の分布を計測することでリチウムイオン濃度を直接画像化できる。具体的には、イオンマイクロビームを、リチウムイオン電池電極の平面または断面上を、数十分間かけてスキャンする。これにより、直接観察が困難だった電極内でのリチウムの分布を、ほぼリアルタイム（充放電時間は約1時間）で計測できる。我々は、リチウムイオン電池電極内のリチウムの空間分布を約 $1\mu\text{m}$ の高い分解能で計測することに世界で初めて成功した。その結果は論文発表されると共に、昨年10月3日にプレスリリースされた。

リチウムイオン分布の計測結果をもとに、他の計測法やシミュレーションの結果も用いつつ、電極活性物質、電解質、電池使用方法などのパラメータを、最適化することができる。したがって本計測法の開発により、リチウムイオン電池性能向上の研究が促進されると期待される。

現在、電極の材料や構造、充放電条件等によるリチウムイオン分布の変化の機構を解明するため、実験データの蓄積と解析に合わせて、電池動特性シミュレーションコード開発に取り組んでいる。また、将来的に、より小型で安価な評価装置を構築するため、超短パルス高強度レーザー生成イオンビームを用いた電池評価法の開発を京都大学化学研究所の協力を得て開始している。