

# Ｘ線イメージングによる リチウムイオン電池反応のオペランド観察 *In operando* Visualization of Li-ion Battery Reaction using Synchrotron X-ray Imaging

高松大郊、米山明男、浅利裕介、平野辰巳  
(株)日立製作所 研究開発グループ 基礎研究センタ

リチウムイオン二次電池 (LIB) の内部では、ナノ～ミリオーダーの空間的な階層構造、ミリ秒～年におよぶ時間的な階層構造が存在し、これらの空間的・時間的な階層構造が複雑に関連した反応過程が、電池の耐久性・出力特性・安全性などの特性に大きな影響を及ぼす。LIB のさらなる高エネルギー密度化・高出力化・長寿命化のためには、電池内で起こっている反応を十分理解して対策を立てる必要があるが、電池反応の不均一性・動的挙動の詳細は未解明なことが多い。

一方、シンクロトロン放射光は、高強度かつ高い透過能、光学系や検出器の工夫によるミリ～ナノ程度までの空間分解能、エネルギーが可変による多くの解析手法、等の特徴から、密閉された LIB の非破壊その場評価に非常に有効である。我々は、放射光を用いた X 線吸収分光 (XAS)、X 線回折 (XRD)、X 線イメージングなどの各種手法を、動作中の電池の“その場”“マルチスケール”反応解析に適用することで、①活物質粒子レベルでの相変化挙動[1]、②電極/電解液ナノ界面挙動[2]、③合剤電極内での反応不均一性の把握[3][4]、④電解液内でのイオン濃度分布の動的挙動[5]、⑤副次反応に起因する年レベルの劣化挙動[6]、といった空間的・時間的な階層構造における電池反応挙動の理解を進めてきた。

本発表では、特に X 線イメージングを活用した LIB オペランド計測例として、③X 線吸収イメージング (2D-XAS) による合剤電極内の反応分布挙動と、④X 線位相イメージングによる電解液内のイオン濃度分布の動的挙動の結果を紹介する。

- [1] D. Takamatsu et al., *Advanced Lithium Batteries for Automobile Applications (ABAA-7) Meeting Abstracts* 29 (2014).
- [2] D. Takamatsu et al., *Angew. Chem. Int. Ed.*, 51, 11597 (2012).
- [3] 平野辰巳他、サンビーム年報・成果集 part2、vol.3、p39 (2013).
- [4] 高松大郊他、電気化学会第 81 回大会、3Q17 (2014).
- [5] D. Takamatsu et al., *J. Am. Chem. Soc.*, 140 (5), 1608 (2018).
- [6] 高松大郊他、サンビーム年報・成果集 part3、vol.5、p136 (2015).