

特集にあたって

Introduction

齋藤 晃

Koh Saitoh

名古屋大学エコトピア科学研究所

キーワード：リチウムイオン電池，燃料電池，STEM-EELS，電子線ホログラフィー，ABF-STEM

地球環境負荷を低減した環境調和型持続的社会的の実現を目指し、関連する材料、エネルギー、環境における基盤技術の重要性が増している。特に日本では一昨年の大震災から電力に関する国民の問題意識が高まっており、化石エネルギー、原子力、自然エネルギーをどのように利用して行くか、環境負荷、経済活動、大規模発電施設のリスク分散、さらには国家戦略等の観点から検討して行く必要があるだろう。

電池技術は、自然エネルギーや産業廃熱をもちいたスマートグリッド等の極めて重要な要素技術であり、また携帯端末機器、電気自動車など応用範囲が極めて広く、市場規模も極めて大きいため、民間企業のみによる研究開発だけでなく、国の政策として産学官の連携の重点的な研究がなされている。蓄電池として現在主に利用されているものは、鉛蓄電池、NaS電池、ニッケル水素電池、リチウムイオン電池等であるが、中でもリチウムイオン電池は、エネルギー密度、充放電エネルギー効率、寿命、充放電速度等の面で他の蓄電池より優れているため、携帯電話、ノートパソコン等に多く利用され、既に10年ほど前に販売量でニッケル水素電池を上回っている。まだコスト面ではニッケル水素電池に及ばないものの、今後の性能向上、量産化、価格低減により、鉄道、建設機械、医療機器などますますその応用範囲が広がることが予想される。

その他、燃料電池も非化石エネルギーによる高効率発電システムとして研究開発が盛んに行われている。既に水素自動車や家庭用電源として市場に出回っており、今後さらに大型の分散型電源としても大きく期待されている。

国内外の顕微鏡に関連する学会においても、「エネルギー材料」に関するセッションがここ数年毎回のように入組まれており、研究の重要性および関心の高さを表している。

リチウムイオン電池の電極材料の解析には、リチウムの分布をその化学状態も含めて可視化する技術が極めて重要であるが、リチウムは散乱能が極めて小さいため、通常のTEM像のコントラストにはほとんど寄与しない。このため、結晶中のリチウム原子（コラム）を位相コントラスト（HRTEM）やZコントラスト（HAADF-STEM）で観察することは極めて困難である。また燃料電池の解析においては、材料中のイオンの価数の評価が重要であり、これも通常のTEM像の

コントラストではほとんど判別することはできない。

本特集では、「TEM をもちいた電池のイメージング」ということで、電池材料を先端的な電顕手法で解析されている5人の研究者に寄稿いただいた。

まず、EELS をもちいたリチウム元素分布の解析として、名古屋大学の武藤俊介先生と物質・材料研究機構の吉川純先生に解説いただいた。武藤先生には、STEM-EELS で得たデータセットに対する多変量解析について概説いただき、リチウム電池正極材料の化学状態マッピングに適用した例について解説いただいた。また吉川先生には、EELS スペクトルからリチウム吸収端のシグナルを高い精度で抽出するための処理について解説いただき、さらに電子線照射効果についてもコメントしていただいた。

つづいて、電子線ホログラフィーをもちいたリチウム元素分布の解析として、名古屋大学の丹司敬義先生とファインセラミックスセンターの山本和生先生に解説いただいた。丹司先生には、燃料電池材料の固体電解質と金属電極とのヘテロ界面における酸化還元反応を電子線ホログラフィーおよびEELS をもちいて観察した例を紹介していただいた。山本先生には、独自で開発されたその場観察電子線ホログラフィー手法をもちいて、全固体電池の充放電過程をTEM 内でその場観察した例についてご紹介いただいた。

最後に、最新の収差補正STEM をもちいたリチウム原子の直接観察として、大阪大学の島先生に解説いただいた。電子顕微鏡メーカーと共同で開発した新しい収差補正STEM 装置をもちいて、リチウムイオン電池電極材料中のリチウム原子の直接観察を行った研究についてご紹介いただいた。

今回の特集では取り上げなかったが、酸素との反応性の高いリチウムの観察には、試料作製から電顕観察まで大気非暴露で試料搬送する技術が重要であろう。これについては本誌46巻4号の佐藤高広氏の記事を是非参照いただきたい。今回紹介した電子顕微鏡手法が電池材料の研究開発の現場で生かされ、新しい電池材料開発へと貢献されればうれしく思う。今後、さらに新しい技術をもちいたリチウムイオンおよび電荷キャリア分布およびその化学状態の可視化法が開発されることを期待したい。