

物質開拓からデバイスへ —蓄電池開発に果たす量子ビームの役割 Materials to Device developments - Role of Quantum Beam Science

菅野了次・東京工業大学物質理工学院

物質開拓が新しいデバイスの発展に果たす役割は大きい。全く新しい性質を持つ物質や、より優れた特性を持つ物質が見出されると、その物質を材料として利用するデバイスの開発の夢が広がる。講演では、蓄電池や燃料電池などの電気化学デバイスに着目し、新たな物性を持つ物質の発見が材料として利用されデバイスにまで発展する過程で、量子ビームが重要な役割を果たした例を紹介する。

電気化学デバイスの特性の限界は、基本的には材料の物性の限界に起因する。材料特性を向上させるには、物質合成の指針が重要であるが、その際に最も役立つのが構造情報である。特に蓄電池や燃料電池では、水素やリチウムなどの軽元素が大きな役割を果たすため、物質の構造中の位置と動きを検出するには放射光や中性子が無くてはならない観測手段である。ここでは特にリチウムと水素の物質例を示す。

リチウムが固体中を高速で拡散する物質はリチウムイオン導電体とよばれ、長い探索の歴史がある。溶液に匹敵するイオン導電率を持つ物質を見出すことができれば、既存のリチウム電池を全固体にすることが可能になる。2011年に見出された $\text{Li}_{10}\text{GeP}_2\text{S}_{12}$ (LGPS)は室温のイオン導電率が 10^{-2}Scm^{-1} を越え、初めて液体のそれを上回った。このような材料を用いた固体電池の開発も進んでいる。固体中を高速でイオンが拡散する様子を中性子回折によって明らかにすることができた。このような材料が切り拓く新たなデバイスの世界を紹介する。

水素が電子を1個獲得したイオンであるヒドリドは、これまでほとんど注目されてこなかった。固体中でヒドリドイオンが安定に存在するためには、電子供与性の構成元素を持つことが必要である。 K_2NiF_4 構造を持つ $\text{La}_2\text{LiO}_3\text{H}$ では H^- イオンが構造中に存在し、 300°C 付近で高いイオン導電率を示すことがわかった。さらに、ヒドリドイオンが初めて電気化学的に酸化還元に寄与する電池を形成することができた。電気化学反応に関与する新たなイオン種が見出されたことによって、今後のデバイスへの展開が楽しみである。