イオン導電体創出から固体電池構築へ

A Journey from Creating Ionic Conductors to Establishing Solid-state Batteries

東工大科創研　○菅野了次

Institute of Innovative Research, Tokyo Institute of Technology, ○Ryoji Kanno

E-mail: kanno.r.ab@m.titech.ac.jp

固体中をイオンが拡散する現象を追い求めて、新物質の探索研究が行われている。探索した物質を蓄電池に利用する試みも長年行われて、ようやく実を結ぼうとしている。リチウムが拡散種となる物質系に着目して、物質探索、結晶構造上の特徴とイオン導電性、イオン導電機構、蓄電池へ展開について、研究の歴史と現状、これからどのように発展して行くか、学術面と実用面の双方の観点から概観する[1]。

(1)イオン導電体探索と固体電池開発：イオン導電率が室温で 10^{-2} Scm^{-1} を超え、リチウムイオン電池の有機溶媒系電解液に匹敵する値を示した物質 $Li_{10}GeP_2S_{12}$（LGPS）が、2011 年に見出された。さらに、LGPS 固体電解質を用いた全固体電池は優れた出力とエネルギー特性を持つと 2016 年に報告された。現在、固体電池の実用化のための電池作成プロセス開発が進んでいる。電池のパッケージングの自由度が高く、安定性・信頼性が向上し、かつ電池の大容量化が可能な固体電池が実現されようとしている。

(2) 物質探索手法：優れた特性を持つ物質を見つけ出すのが探索研究の醍醐味である。物質に対する知識と経験に基づいて行われた探索研究には長い歴史がある。その過程を振り返るとともに、計算科学などを導入して行われる最近の探索手法にも触れる。

(3) 固体電池の不思議：蓄電池を固体にすると何が変わるか、利点を明示できなかったため、固体電池は電池と認められてこなかった。その利点は高速充放電であることが明らかになり、固体電池の技術開発につながった。一方、このデバイスの電池反応は未知のサイエンスの領域である。液系電池と何が同じで、どこが異なるのか、疑問点を整理する。

(4) 反応解明のためのモデル系電池：電極電解質界面の反応や、電池反応に伴う結晶構造変化や電子構造変化を明らかにするには、モデル電池で調べることが必須である。界面での電気化学反応の詳細を、結晶構造変化や電子構造変化として捉える可能性を探る。

(5) 蓄電池のサイエンス：電気化学の教科書をひもとくと、そこには電気化学反応に対して構築された壮大な学問の世界が広がっているが、金属電極と水溶液電解質で構築された基礎理論と、その後に記述された蓄電池デバイスの記述との間には大きなギャップが存在する。固体電池の出現に伴い、反応系の変化を検出できる物理化学的な様々な実験手法が開発され、ex-situ から in-situ、operando 測定へと広がっている。蓄電池を固体にすることで液系の電池では観測できない事象が明らかになると期待したい。

文献：　（1）菅野了次、応用物理 第 90 巻 第 1 号　p6　(2021)

© 2023年 応用物理学会