

固体イオニクスを基盤とするナノイオニクスフロンティア： イオニックヘテロジャンクション

Nanoinics Frontier based on Solid State Ionics: Ionic-Heterojunction

東大工¹ ◯山口 周¹

Univ. of Tokyo¹

E-mail: yamaguchi@material.t.u-tokyo.ac.jp

固体イオニクスの起源は Faraday にまでさかのぼる[1]. W. Schottky や C. Wagner らによる欠陥化学の成立が固体イオニクスの科学的基盤となった. 日本の固体イオニクス研究は, 高橋武彦 (名古屋大学) を中心に多様な専門性を有するグループの活躍によって高く評価されてきた[2]. "Solid State Ionics"は 1970 年代前半から用いられているが, 高橋らによる造語にその起源を発する[2]. 日本の固体イオニクス研究は, 多様な固体電解質の発見やイオン/電子混合伝導体の固体化学的研究, イオンの集団運動理論などの基礎科学分野に加え, 固体酸化物型燃料電池 (SOFC) の商業化や全固体電池の開発などの応用研究においても世界をリードしている. 最近ではナノスペースでのイオン移動現象を利用したナノエレクトロニクスデバイスが考案されており, 新しいイオン伝導体の発見とも相まってますますその研究は発展している. ここでは, 特に急速な関心を集めている「ナノイオニクス」[3, 4]の展開に固有の課題を考えてみることにする.

固体イオニクス材料には, 固体でありながら高いイオン伝導性を示すという固体物性としての面白さがその根幹にある. これまでは禁忌とされてきたナノエレクトロニクスデバイスにおけるイオン移動を逆に利用する新たな試みがこのシンポジウムの主題となっている. これらのデバイスではイオン移動による RedOx 反応による物性制御が主な対象となっているが, その本質はナノ加工技術を利用して作製した nm スケールのイオン移動を利用する点にある. また, 高電界下の非線形加速イオン移動は低温におけるイオン移動の応用における鍵となる可能性がある.

イオン結晶のヘテロ界面では, 大きな界面抵抗が生じる. これはイオン伝導体/イオン伝導体界面, ならびにイオン伝導体/イオン-電子混合伝導体界面などでは, Schottky障壁と同様の「イオン障壁」が形成されるためである. フェルミ準位の差により構成イオンの電気化学ポテンシャルの相違が生じて空間電荷層が形成される. 界面に生じる空乏層の影響を強く受けた電気輸送特性が現れるが, そのダイナミクスは電子キャリアと大きく異なる. またイオン輸送系にはイオン源とそのシンクが必要であるなど, 電気抵抗測定の方法一つを取っても大きく異なる. これらを理解するためには, 固体の欠陥化学と固体電気化学を基盤とする固体イオニクスの理解がますます重要となっている.

参考文献

- [1] Funke, K., Sci. Tech. Adv. Mater., 14 (2013), 043502.
- [2] Yamamoto, O., Sci. Tech. Adv. Mater., 18 (2017), 504.
- [3] 例えば, Maier, J, Chem. Mater. 26, 1, 348-360
- [4] 山口 周, 「ナノイオニクス—最新技術とその展望—」, CMC 出版 (東京, 2008)