

客員所員を経験して

東京理科大学 貞清 正彰

2023 年度に客員所員として一年間お世話になりました、東京理科大学の貞清正彰です。まず、ホストとして受け入れていただきました附属中性子科学研究施設長の山室修教授をはじめ、山室研究室の方々に大変お世話になりましたこと、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

私は多孔性固体、特に配位高分子(PCP)や金属有機構造体(MOF)と呼ばれる物質群におけるイオン伝導性の研究を行ってきました。固体中のイオン伝導は電子伝導とは異なり、構成要素が密に詰まった構造は理想的ではなく、イオンが伝播するための何らかの空隙が必要です。そのため、小分子が1~数分子程度入ることができる微細な規則性細孔を持つ配位高分子は、イオンの伝播に適している物質群と言え、現在では1つの大きな研究領域となっています。

イオン伝導度は、 $\sigma = zen\mu$ (z : キャリア価数, e : 電気素量, n : キャリア濃度, μ : キャリア移動度)で表されるため、高いイオン伝導度の実現には高いキャリア濃度と移動度が必要です。配位高分子の場合、外部から細孔内に吸着されたゲスト分子が、キャリアとなるイオンの伝播を媒介してその移動度を高めることができるのが大きな特徴です。2009 年以降、筆者らを含め、キャリアとしてプロトン(H^+)を用いたプロトン伝導性配位高分子の研究が盛んに行われるようになりました。これは、配位高分子の余剰な細孔空間に水分子やイミダゾール分子など、 H^+ の伝播を媒介することができるゲスト分子を導入することで H^+ の移動度を高めることができる性質を利用したものでした。筆者らは 2012 年以降に、この考え方を別のイオン種にも拡張し、水分子により伝播が著しく促進されることが知られている水酸化物イオン(OH^-)をキャリアとする、水酸化物イオン伝導性配位高分子の創出にも成功しました。

2019 年に現所属の東京理科大学に異動した後は、現在注目しているトピックの1つであるマグネシウムイオン(Mg^{2+})伝導の研究を始めました。 Mg は資源豊富であり、 Mg^{2+} 伝導体は次世代二次電池の電解質としても開発が期待されています。一方で、二価イオンである Mg^{2+} の固体中での伝播は、その強い静電相互作用により極めて困難であるため、室温付近で高イオン伝導性を示す新たな材料の開発が求められていました。筆者らは Mg^{2+} をキャリアと

して細孔内に包接した配位高分子が、特定の有機ゲスト分子の蒸気存在下で高イオン伝導性を示す、ゲスト誘起イオン伝導現象を見出しました。これにより、最適な条件では室温で $10^{-3} S cm^{-1}$ を超える世界最高値の超イオン伝導性を示す化合物の創出に成功しました。これは、吸着された有機ゲスト分子が Mg^{2+} に配位した配位性イオンキャリアを形成することで、静電相互作用を緩和し、移動度を向上させることができたためだと考えられました。一方で、伝播していると予想されているゲスト分子と Mg^{2+} からなる配位性イオンキャリアのダイナミクスに関する情報はありませんでした。

そんな折、プロトン伝導性配位高分子の中性子準弾性散乱に関する共同研究に関連して以前からお世話になっていた山室先生と、研究について議論させていただく機会があり、今回、客員所員として一年間過ごす機会をいただきました。山室先生との共同研究を進める中で、JRR3 を使った中性子準弾性散乱実験により、超 Mg^{2+} 伝導性配位高分子中において、ゲスト分子の運動に由来する準弾性散乱を観測し、その運動性を直接観測することができました。これについては、様々なタイムスケールでの追加実験を含めて、現在も継続的に研究が進行中です。また一方で、共同研究に関連して多くの議論をさせていただく中で、ゲスト分子の運動性に関連する新たな研究の種も見つけることもでき、その点についても大変嬉しく思っております。

最後になりましたが、このような重要な機会を与えていただきました物性研関係者の皆様に、この場を借りて深く感謝申し上げます。