

研究室訪問記 2025 年度 奨励助成（材料）

訪問日 2026 年 7 月 24 日

関西学院大学 工学部 研究特別任期制助教

研究題名：分子共役系を制御した多孔性有機材料による二次電池の高電圧作動化～エネルギー密度の向上を目指して～

関西学院大学 若松先生の研究室に訪問して、研究や助成研究についてお伺いしました。（図 1）

プロフィール

私は、二次電池に用いる新しい材料の研究を行っています。現在は、多孔性有機材料を用いた次世代電池の開発に取り組んでいます。もともとは、触媒の表面で起こる化学反応を理論的に調べる研究をしており、計算を使って原子や分子のふるまいを考えることを専門としてきました。その後、実際に材料を作って性能を調べる実験研究にも取り組むようになり、現在は理論と実験の両方の視点を生かしながら研究を進めています。私が研究で大切にしていることは、「良い結果が得られたかどうか」だけでなく、「なぜその結果が出たのか」をできるだけ深く理解することです。材料の性質をきちんと理解することで、次にどのような分子設計をすればよいかという道筋も見えてくると考えています。



図 1 若松先生

研究内容の紹介

私の研究テーマは、多孔性有機材料を使って、より高性能で環境にやさしい二次電池を実現することです。今、私たちの身の回りでは、スマートフォン、パソコン、モバイルバッテリー、電気自動車など、さまざまな製品に二次電池が使われています。こうした電池は、これからの社会を支える非常に重要な技術です。一方で、現在広く使われているリチウムイオン電池には、資源や環境、安全性の面でいくつかの課題があります。たとえば、高性能なリチウムイオン電池の一部ではコバルトやニッケルなどの希少金属を含む正極材料が用いられており、こうした材料は資源が偏って存在していたり、コストが高かったり、環境負荷の面で課題があります。また、リチウム資源も地域的に偏在しており、今後の需要増加に伴う安定供給も課題となっています。そこで、金属系材料に代わる候補として、有機材料に注目しています。有機材料は炭素を主な骨格とする有機分子を組み合わせてつくられる材料であり、分子の種類や組み合わせ方を工夫することで、多様な構造や性質を設計できるという特徴があります。さらに、その中でも内部に規則的な細孔を持つ多孔性有機材料は、分子の並び方を精密に制御しやすく、イオンが出入りしやすい構造を実現できるのではないかと考えています。（図 2）この研究では、リチウムイオン電池だけでなく、ナトリウムイオン電池やカルシウムイオン電池といった、将来有望な次世代電池への応用も視野に入れています。ナトリウムやカルシウムは、リチウムよりも入手しやすく、資源

的に有利な元素です。そのため、こうした元素を使って高性能な電池が実現できれば、より持続可能なエネルギー技術につながると考えています。ただし、有機材料を用いた電池には、まだ大きな課題があります。それは、金属系材料と比べると、電圧が低くなりやすいことです。電池は「どれだけ多く電気をためられるか」だけでなく、「どれだけ高い電圧を生み出せるか」も大切です。そこで私は、分子の構造や並び方を工夫することで、電子の振る舞いを制御し、高い電圧を出せる材料の設計を目指しています。

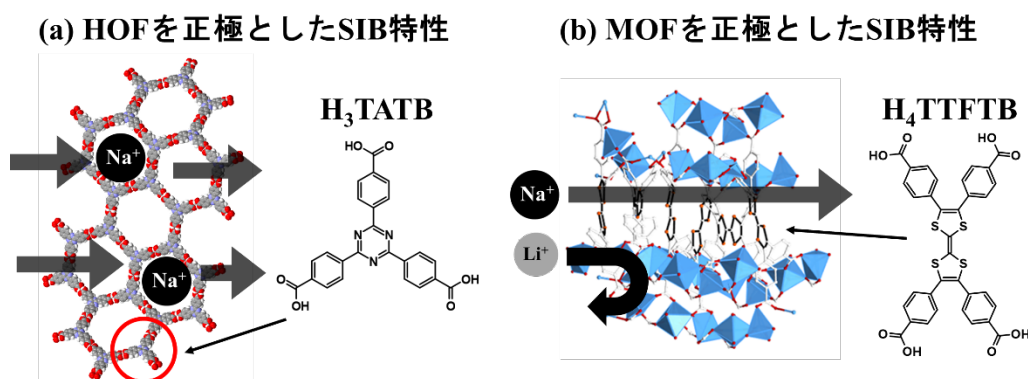


図2 多孔性有機材料の設計事例

(HOF：水素結合性有機構造体、MOF：金属有機構造体、SIB：ナトリウムイオン電池)

強み

私の研究の強みは、理論と実験の両方の視点から材料を考えられること、そして材料の仕組みそのものを理解しようとしていることです。研究の世界では、実際に材料を作って性能を調べる実験が非常に大切です。一方で、結果が出たときに「なぜうまくいったのか」「なぜ期待した性能が出なかったのか」を深く理解するには、分子や電子のレベルで考える視点も必要です。材料の中で電子がどのように振る舞うのか、どのような構造が反応に有利なのか、といったことを考えながら研究を進めています。計算だけで終わるのではなく、その知見を実際の材料合成や電池評価へと展開し、得られた実験結果を理論的な考察へと生かしています。こうした理論と実験を相互に活用できることは、自分の大きな強みだと考えています。

もう一つの強みは、個々の材料の性能を調べるだけでなく、より良い材料を設計するための共通した考え方（設計指針）へと発展させようとしていることです。「どういう分子の形や構造にすれば性能が上がりやすいのか」という設計のルールを見つけないと思っています。これまで、理論、実験、分析など、異なる分野をまたぎながら研究してきました。そのため、分野の違う研究者とも比較的連携しやすく、さまざまな視点を取り入れながら研究を進められることも強みだと感じています。新しい材料の研究では、一つの方法だけでは分からないことも多いため、多角的に考えられることは大きな利点です。

苦労話

この研究で苦労している点は、設計したものが必ずしも思った通りの性能を示すわけではないことです。理論的には有望と考えられた材料でも、実際に材料を作ってみると、期待したような電圧や安定性が得られないことも少なくありません。分子構造のわずかな違いや結晶構造の違いが、性能に大きく影響することもありま

す。理論と実験では、重視する点や研究の進め方も少し異なるため、その違いに慣れるまでには時間がかかりました。ただ、その分、異なる分野の考え方を知ることができたのは大きな財産でもあります。苦労しながらも、理論と実験の両方をつなげて考えられるようになったことで、自分なりの研究の形が少しずつできてきたと感じています。

今後

電池としての性能向上だけでなく、使い終わったあとに再利用しやすい材料や、より安全に使える電池につながる材料設計にも取り組みたいと考えています。将来的には、この研究を通じて分子設計の指針をより明確にし、電池に限らず、さまざまなエネルギー材料の開発に役立つ知見へつなげていきたいです。