



私たちの研究室

貞清 正彰 研究室

理学部第一部 応用化学科 講師

さだきよ まさあき
貞清 正彰 先生



排気装置の中で配位高分子などの試料を合成する。窒素雰囲気下に置かれたフラスコ内の原料を、オイルバスとマグネチックスターラーで加熱攪拌している。

多孔体を使い、実用度の高いイオン伝導体を開拓する

エネルギー問題は地球全体の課題であり、充電電池の開発もその一つの大きなテーマと言える。既にリチウムイオン充電電池の実用化は社会に大きな益をもたらしているが、稀少資源でもあるため、新しい素材開発も求められている。この分野に関連してイオン伝導の基礎研究を進めているのが貞清正彰先生である。先ごろ、充電電池の電解質として新しい可能性を持った固体マグネシウムイオン伝導体を開発し、初めて実用性が認められる数値の達成を発表したところである。

多孔体を使い、イオン伝導の新しい境地へ

配位結合という電子を供与する結合があり、ここできたものを錯体と呼び、その研究を錯体化学と言う。また、穴がたくさん空いた状態の固体物質を多孔体と

呼び、近年、配位高分子という錯体の一種が新たな多孔体として注目されている。

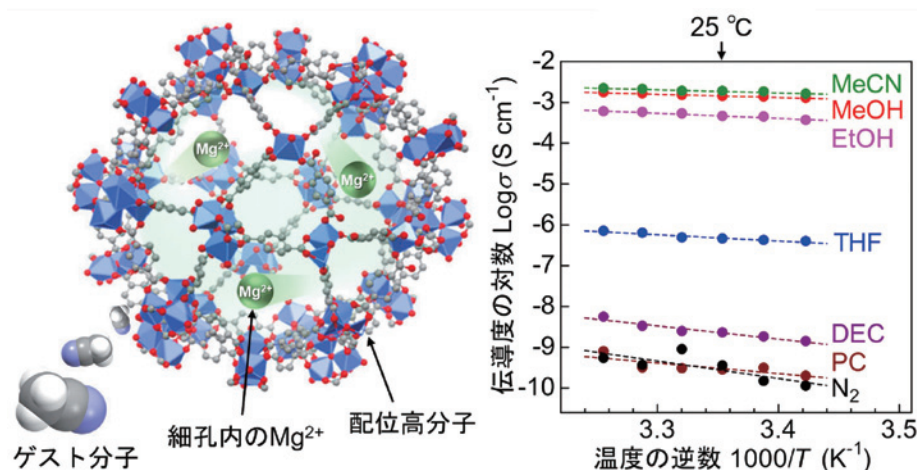
「私の研究は配位高分子などの多孔体の機能を開拓するものです。穴の空いた構造はイオンを伝播するのに適しており、配位高分子は配位結合を使ってジャングルジムのような構造で穴の空いた状態を作ることができます。その中に様々なイオンを入れ、それらが伝播できるようにしたのです。今はその構造やイオンの種類、イオン伝導性との関係について研究することが私の主な研究の一つになっていると言えます」と語る。

今回、二次電池（充電電池の学術用語）の分野で高機能な固体マグネシウムイオン伝導体を開発したのは、この基礎研究の中で進められたものだ。

「今回私たちが開発したのはこの配位高分子にマグネシウムイオンが入っているというものです（図）。

固体とは通常、物質が詰まっ
ていて、穴が空いていない構
造になりますが、配位高分子
はイオンを包接したり、伝播
したりするのに十分な大きさ
のナノ細孔があります。

また、一般的な固体にはゲ
スト分子が入る隙間はありま
せんが、大きな穴を持つ構造
の配位高分子では、イオンを
包接するだけでなく、様々な
ゲスト分子も入れることがで
きます。このマグネシウムイ



室温で世界最高値の伝導度を示す固体マグネシウムイオン伝導の構造

オンを包接した新たな物質は、ゲスト分子であるアセトニトリルなどの有機蒸気に晒すことで、内部のマグネシウムイオンにゲスト分子が配位し、イオンが効率的に伝播することができるようになるという機能を新たに発見したことがポイントとなり、高いイオン伝導性が実現できました」と話す。

その結果、この環境で作られた固体マグネシウムイオン伝導体が、二次電池電解質として実用的な伝導体と言われる評価基準値の約 $10^{-3} \text{ S cm}^{-1}$ という高い伝導度を室温でクリアしたのである。

「二次電池全体の開発には、イオン伝導体だけでなく、電極をはじめとした様々な部分の総合的な開発が必要で、それらはまだまだ今後の研究によるのです。リチウムイオン二次電池は全体としての開発が進んでおり、すでに固体二次電池が実用化しつつありますが、リチウム自体が稀少材料だというネックがあります。私たちの開発した伝導体で使用するマグネシウムは一般的な物質で入手が容易く、大きな利点を持っていますが、二次電池そのものの開発にはまだ時間がかかりそうです。それでもこのイオン伝導体の開発で得られた成果がいつか役に立つと信じています」と話す。

配位高分子のイオン伝導を研究

2022年の卒研募集に掲げた研究テーマは、

- ・ナノ空間を利用した新規固体イオニクス材料の開拓
 - ・金属-配位高分子界面を利用した新規触媒材料の開拓
 - ・新規結晶性多孔体の設計・合成法の開拓
- の3つである。

これらの研究テーマに現れているように、配位高分子などの多孔体の開発や、その機能性の開拓が中心になっている。

学生は学部4年から修士2年まで15人が在籍し、上記研究テーマの中から自分の個別テーマを立てて研究を進めている。

「学生には、希望を聞きながら、この3つの柱の中で異なる物質に関する研究テーマを与えて研究を進めてもらっています。研究室全体では、イオン伝導を扱う学生が多くいますが、一人ひとり異なる物質を研究対象としており、配位高分子以外にも有機物のみからなる多孔体である共有結合性有機構造体なども扱うことができます。私はそれぞれの学生とともに研究を進める形をとり、研究実務の多くは学生が行う形になっています」と活動のスタイルについて話す。

学生の一般的な研究活動の流れを紹介すると、

- ① 配位高分子を合成する。
(材料は市販されているものを使う。合成法は確立されたものや独自に開発したものがあり、その上で作製できる)
- ② そこにマグネシウムイオンなどを入れていく。
(入れる条件などは化合物ごとに異なるため、様々な違いが出てくる)
- ③ その物質を対象にX線測定や吸着の測定、イオン伝導性測定などを行う。
というものである。

システムは貞清先生自身が作成したものを使用し、測定データは全部学生がとっているそうだ。

無機化学の研究室でも、有機化学に触れられる

修士2年の須貝彩加さんは「合成系の研究室で実験もやりたかったし、無機、有機に広く興味があってここを選びました。研究室を選ぶ時点では基礎か応用か迷いましたが、基礎がわかると身の回りで使われているもの土台や意味がわかり、自分の研究の先にあるものが見えるようになりました。私の研究は先輩から引き継いだものですが、先輩たちがやりきれなかった合成ができた時はとても嬉しく、少しずつ力が付いていると実感できました」と。

修士1年の毛利亮紀さんは「大学4年生になるときにいろいろな研究室を見学させていただきました。この研究室は、やはり無機、有機の研究が両方できることがよかったです。実験は失敗も多いですが、少しずつでも結果が出れば嬉しさにつながります。自分の研究は先輩たちと少し違うため、他にやっている人がいないのでより面白さが湧いてきます。貞清先生の感覚は我々学生に近いと思います」と話してくれた。

貞清先生は「私は配位高分子などの多孔体が好きでその機能を開拓する研究を続けてきました。現在はその中でイオン伝導体の研究が中心になってきていますが、新しい配位高分子を作り出す研究、合成法の開発にも取り組んでいます。配位高分子が面白いのは、私がまだ学生だった頃に本格的に世に出てきた化合物であり、研究分野もまだ確立されていない時代に出会ったということもあります。この20年くらいの間に急速に発達した研究分野なので、これからやるべきことがたくさんある分野だと言えるのです」と研究の魅力を語ってくれた。

太田 正人 (ジェイクリエイト)