



CONDENSED CONJUGATION NEWS Vol. 26

二次元材料の新次元

李 卓蔚（京都大学）

関 修平（京都大学）



李さん



関 博士

——これまでのご経歴を教えてください。

李 中国南西部にある雲南省の出身です。福建省にある福州大学を卒業後、2019年に日本に来て、大阪大学の今中信人教授の研究室で修士号を取得しました。その後、京都大学の関研究室に移り、現在に至ります。

——日本にいられたきっかけは何だったのでしょうか。

李 世界的にもレベルが高く、ノーベル賞科学者を多く輩出している日本で、より化学を深く学んでみたいと思ったからです。

——関研究室を選んだ理由は何だったのでしょうか。

李 大阪大学で、関先生の研究室におられた方から研究内容聞いたのがきっかけです。設計次第で、有機材料に導電性を持たせられるといった話に驚き、物理化学に魅せられるようになりました。

——関研究室の環境はいかがでしょう。

李 とてもよい環境です。何か問題があれば先生方からすぐアドバイスをいただけますし、関先生は私が深くものごとを考えられるよう、様々な質問をしてくれます。研究室の友人たちも優秀でフレンドリーですし、英語も上手なので、日本語がまだあまり得意でない私としてはとても助かっています。

——大学や、京都の街の雰囲気はいかがでしょう。

李 大学は、美しい建物、充実した設備があり、京都市街を一望できる素晴らしい眺望にも恵まれていて、勉学には最適の場所と感じています。京都の街も、日本の伝統的な建物が多く立ち並ぶ美しい街で、とても気に入っています。あと、スイーツが好きなので、そうしたお店にも行っています。

——関研究室に来る前は、どのような研究をされていたか？

李 高エントロピー合金の第一原理計算によるシミュレーションの研

究を行っていました。阪大の今中先生の研究室では、ランタン化合物を用いた触媒の開発研究がテーマでした。

——違うジャンルに映ることに戸惑いなどはありませんでしたか？

李 扱っているものが無機物であるとか有機物であるとかといったことにはこだわりはなく、原理的なところに興味があります。何より、物理化学分野の研究をしたいという思いがありました。

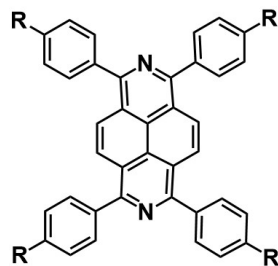
——現在の研究テーマはどのようなものなのでしょうか。

李 現在は共有結合性有機構造体(COF)の研究に携わっています。具体的には、ピレンまたは2,7-ジアザピレンを骨格として持ったテトラアミン化合物(下図)と、ジアルデヒド化合物を結合させ、二次元的なシートを形成したものです。

——ピレンやジアザピレンを使ったのはどのような意図で？

李 ピレンは結晶性のよいCOFを与えることが知られています。この構造で二次元に広がったシートを形成し、それが積み重なった結晶を作る意図でした。ただしピレンでは、2位及び7位の水素原子が隣接したアリール基とぶつかり合うため、平面性が低下します。そこでこの位置をCHから窒素に置き換えることで平面性を高め、COFの結晶性を改善する狙いです。

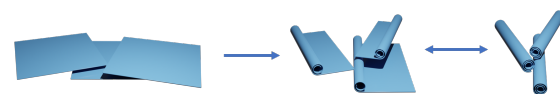
関 彼女は電子輸送に興味があるということなので、このテーマをやってもらうことになりました。我々の研究室では今までも分子性の導体を作ってきていますが、一次元系のものよりも二次元系のものがはるかに性能が高いことを感じています。これはやはり熱ゆらぎを許容できる構造であるためと思っています。一次元系では、熱



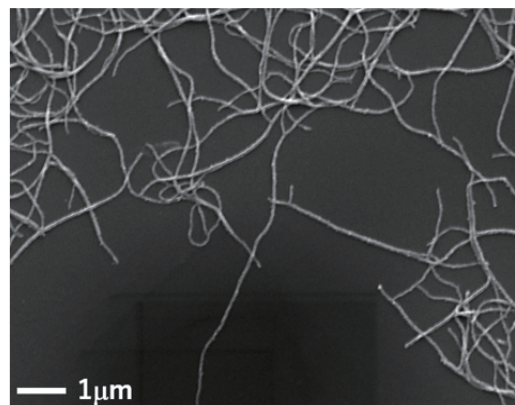
ゆらぎによって簡単に電子輸送のパスが切れてしまうのに対し、二次元系では他のパスが相補的に存在していますから。なので、室温で電子輸送を行うのであれば二次元系でなければならないだろうという思想で仕事をしています。ところがそうした中で、意図していなかった現象が見つかりました。

——というのは？

李 通常の条件でCOFを合成すると、意図した通りに二次元シートが積み重なった結晶性の高い構造が得られます。しかし、溶媒の組み合わせによっては二次元のシートが巻き上がり、チューブ状になってしまうことがわかりました。巻き上がりは一定のところで止まり、約40nmの太さのチューブになることが確認されています。



——SEM画像(下図)などを見ると、確かにほぼ太さの揃った繊維状に見えますね。各種の二次元材料は平面的なものがほとんどと思いますが、これは珍しい現象なのでしょうか？



李 調べてみたところ、遷移金属カルコゲニドなどでごく最近いくつか報告がありますが、COFではほとんど例がないようです。現象としてはとても面白いのですが、形成メカニズムの解明は既存の手法では難しく、苦勞しているところです。

関 私も最初に聞いたときには、二次元のCOFを作っているのに何で一次元の繊維が見えるのか、何か別のものを見ているのではないかと疑っていたのですが、SEMやTEMなどでも同様の構造が観

察できました。また、李さんの発案でCOFに超音波による刺激を与えたところ、巻きがゆるんで直径が100nm程度に変化することが観察され、間違いなさそうだということになりました。

——このチューブ構造が、何らかの機能に結びつきそうといったことは見えてきていますか？

関 電気伝導性を持つということで論文を投稿したのですが、不十分ということで落とされてしまいました。ただしこの構造を活かした次のアイデアはすでに持っており、研究を進めているところです。二次元構造で表面積を稼ぐつもりでいましたが、結果として一次元構造でも十分な表面積を持つものが見つかったわけですので、面白いものにつながるのではと考えています。

高密度共役の観点から言えば、ジアザピレンにすることで平面性を高め、層間距離を縮める狙いで研究をスタートしました。しかしチューブ状に巻いてしまったので、これだと高密度にはならないのかなと思ったら、一般的な π スタッキングよりも狭くなっているようで、面白いことと思いました。

——それはどのような理由でしょうか？

関 元の分子の平滑性が高いことが一つ。また、同じシートがスタッキングしていくのに比べ、面内の分極による相互作用を積極的に使うことができるのではと思っています。太さが一定になるのも、そうした理由かと推測しているところです。

——ありがとうございます。関先生は李さんをどのようにご覧になっていますか？

関 非常によく実験をします。そして、変わったことを発見する能力が非常に高いと感じています。「引きが強い」ともいえるでしょうか。各種の電子顕微鏡なども、使ったことは全くなかったと思うのですが、周囲の学生が使っているものを尻込みすることなく触ってみて使いこなし、新しい発見に結びつけています。なかなか得難い資質であると思っています。

——将来はどのような研究者を目指していますか？

李 やはり国際的に活躍できる研究者になりたいと思っています。今のところ、ヨーロッパで研究できればいいと思っています。研究分野としては、やはり何らかの形で結晶の研究に携わりたいです。今まで合金、無機触媒、有機材料と触れてきた中で、そのシンプルな美に惹かれるようになりました。

——活躍を期待しています。どうもありがとうございました。

もっと詳しく→ <https://x-con.jp/>