

令和3(2021)年度学術変革領域研究(A)

2.5次元物質科学：
社会変革に向けた物質科学のパラダイムシフト

計画班メンバー特別対談 1

A02班

集積化班 研究分担者

(インターカレーションによるナノ空間の活用)

松本 里香

現在の主な研究を教えてください。

松尾 私たちは炭素材料を研究しています。グラフェンライクグラファイト (GLG)、ピラー化炭素がその代表です。他の方たちはグラフェンを1枚1枚きれいに重ねておられるのに対して、最初から積層している炭素材料に調整をかけて作り出したのがGLGです。GLGは黒鉛に似た結晶構造を持ち、内部に数%の酸素原子やナノ孔を含むため、速く大量のイオンを貯め、放出することができます。例えばリチウムイオン電池の負極として利用すれば、現在の材料である黒鉛よりも大きな容量が得られ、リチウム金属の析出を起こさず安全に高速充放電が可能です。EV、PC、スマートフォン等、需要が増え続けているリチウムイオン電池では、正極にリチウムおよびコバルト、ニッケル等を含む酸化物、負極には炭素材料が一般的に使われます。両極共にGLGを使うと遷移金属を使用しない二次電池に。このように電池の電極材料としていいものを作っていきたいと考えて研究を進めています。

松本 黒鉛やグラフェンを中心にインターカレーションの研究をしています。黒鉛の層間化合物 (GIC) は長年研究されてきた分野です。層間に入る物質によって銅を上回る電気伝導率を示す、カルシウムをインターカレーションしたものが超伝導を示すなど、GICはとても魅力的な材料です。しかし多くのGICは大気下で不安定という課題があります。そこで私たちは、高い電気伝導率を持ちながら大気下で長期安定なGICを作り出すこと、Ca-GICの特性評価などを進めてきました。2層グラフェンにおいては黒鉛と同様に様々な物質が層間に入ると考えられるため、何がどれくらいインターカレーションするか、そしてその特性を探っています。黒鉛ではインターカレーションできなかったものがグラフェンでは入りやすいなど、研究を進める中で様々なことが明らかになっています。

A05班

機能創出班 研究分担者

(2.5次元材料の蓄電デバイスへの応用)

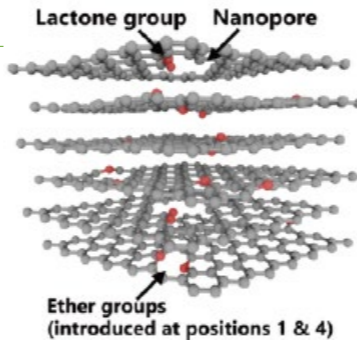
松尾 吉晃

これまで取り組んでこられた研究についてお伺いしたいです。

松尾 自分が学部生で研究室選びをしていた時に、層間化合物の説明を聞きました。きれいなものができるんだな、面白そうだなと思ったことが始まりです。ドクターまで層間化合物の研究を続け、その後別の大学に移るタイミングで、今まで扱ってきた材料の中で少し変わったものに取り組みたいなと思いました。そこで学生の時に使っていた材料に対して違った観点から進め、目的としていたものを作り性質を調べると、何か変わったものができていました。それがGLGです。このGLGは材料として面白く、リチウムイオン電池に使ってみるなど試行していきました。しかし当時リチウムイオン電池の用途は限られており、実用的にはいまいちでした。高速で大量に充電・放電できるメリットを活かす場がなかったのです。そのため一時期はGLGから離れて、多孔質なピラー化炭素の合成や研究を進めていきました。

しばらくお休みしていたGLGですが企業の方からお声がけがあり、もう一度調べる機会がありました。改めて10数年ぶりにGLGを調べていくと、いろいろ面白いことが出てきて、そして今に至るという感じです。最初研究を始めたときは全然気がつきませんでしたが、今2.5次元領域の中で、皆さんの1枚1枚積層する材料と、僕がやってきた重なっているけれどもそれぞれが1枚のシートとしての性質を保っている材料が繋がってきた感じがして、とてもいいなと思っています。

松本 私がこの黒鉛の研究に出会ったのは大学院に入るときです。元々黒鉛のテーマに惹かれてその研究室に決めたわけではありませんでした。その研究室では黒鉛とは別に熱物性の研究もしていて、私は熱物性に取り組みたかったのです。でも配属は希望していなかった方



GLG(左)とピラー化炭素(右)のイメージ (松尾)

の、黒鉛の層間化合物 (GIC) になりました。本当に全然自分が意図してなかったテーマでしたが、取り組んでみると面白く、今もそのまま続けています。そのため研究室に来る学生には、希望が通らなくても多分大丈夫、テーマはきっかけの1つだからと伝えているんです。

私が進めている層間化合物の研究は、一時期研究分野として下火になったことがあります。その時は、周囲からテーマ変更を勧められたり心配されたりしましたが、自分にできることをコツコツ続けていきました。そのうちにCa-GICの超伝導転移温度に関する発見やグラフェンの登場という出来事があり、GICが再注目されるように。周囲に関係なくGICの研究を進めていたのですが、時代が変わるというのでしょうか、インターカレーションに関する依頼が来るようになりました。そして2.5次元領域にも参加することになったのです。

研究分野が近い先生方ですが、これまで交流はありましたか？

松本 学会では松尾さんを以前から存じ上げていましたが、ご一緒する機会はありませんでした。この2.5次元領域に入ってからお声がけがなかった。

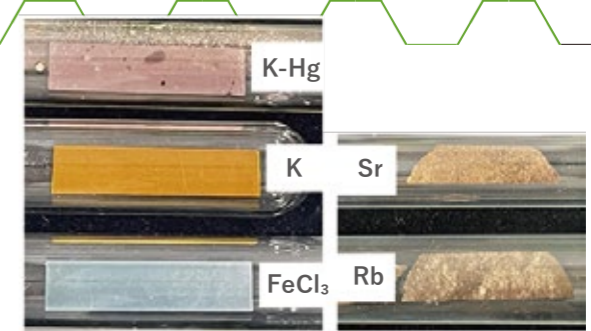
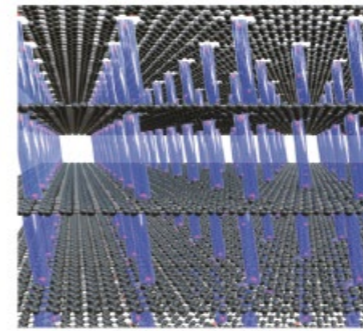
松尾 松本さんとは今、共同研究をしています。GLGにいろいろな物質がインターカレーションすることを調べてもらっているところです。

松本 GLGはとても画期的で、面白くて、いろいろなものが層間に入ります。黒鉛では入らない、入れたくても諦めかけていたようなもの、例えばナトリウムとかが入るんです！黒鉛と同じような見た目をしていますが、全然違う挙動を示します。とても面白いです。これまで十種類以上の物質について確認していますが、予想通りインターカレーションが確認できたり、入っているのかどうか分からないものなど様々。これが入っていたら面白いなものもあり、現在いろいろと試行中です。

他の領域メンバーとは、どのような共同研究が進行中ですか？

松尾 吾郷さん(A01)に2層、4層グラフェンのサンプルをいただき、私たちの電気化学装置を用いてイオンの入り方を調べています。上野さん(A05)には、ピラー化炭素膜を利用したセンサーを検討してもらっています。他にもお互いにサンプルを送りあう、我々の電気化学測定で測りたいサンプルの相談をしているものもあります。

松本 私の方は、渡邊さん(A01)の六方晶窒化ホウ素



黒鉛の層間化合物(左)とGLGの層間化合物(右) (松本)

(hBN) に対するインターカレーションを進めています。このhBNはグラフェンと同様に蜂の巣構造を持つ絶縁体ですが、様々な元素のインターカレーションは難しいとされてきた材料です。岡田さん(A01)によると理論的にはできるという予想があり、お勧めの元素を入れることにチャレンジ中です。実際にできているかどうかの測定が難しいため、渡邊さんや町田さん(A02)に測定を進めていただいています。これまで自分のところでは難しかった事柄も、領域内メンバーがそれぞれの専門を駆使しながら取り組むことができるので、研究が進んでいく実感があります。他にも、吾郷さんの2層グラフェンにアルカリ金属をインターカレーションし、末永さん(A03)、Linさん(A03)が可視化、構造解析する研究にも関わりました。櫻井さん(A01)のスマネンをインターカレーションする研究も進めています。

領域の皆様へメッセージをお願いします。

松尾 私たちのところでは活物質のみからなるモデル電極、平滑な表面を有する薄膜電極を用いた電気化学測定を行うことができます。測りたいサンプルをお持ちの方はぜひご相談下さい。またGLGやピラー化炭素についてもお声がけいただければと思います。

松本 私自身この領域活動を通して、手法や視点、ネットワークなど多くの広がりを感じています。インターカレーションしてみたいものやアイデアをお持ちの方、ぜひお声がけください。一緒に進めましょう！



松本 里香

東京工芸大学
工学部 教授「2.5次元研究室へようこそ」
連載マンガ・第4話監修

松尾 吉晃

兵庫県立大学
大学院工学研究科 教授「2.5次元研究室へようこそ」
連載マンガ・第5話監修

(活動班順 敬称略)

ライター：柏田 百代 (広報担当)

領域ホームページ <https://25d-materials.jp>

(ニュースレター公開日: 2024年5月9日)