

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

公募班メンバー特別対談 10

AO1班

物質創製班 公募班

(2.5次元遷移金属ダイカルコゲナイド
ナノチューブの創製とその大表面積応用)

蓬田 陽平

先生方の研究について教えていただけますか？

蓬田 学生時代は様々な材料のデバイスに関する研究を行っていました。その後、材料設計の立場からデバイスの性能を向上させたいと考え、カーボンナノチューブの構造制御の研究に移りました。ナノチューブの性質は、直径などの構造により大きく変化します。通常、合成後は様々な直径のナノチューブが混在しており、ナノチューブの構造に由来する性質を見出すことは難しい状況でした。そこで、様々な直径の中から1つの直径のものを取り出す分離技術開発を行い、最近ではナノチューブの構造由来の性質が見えてきています。このようにナノ構造を制御することで、ナノ物質のユニークな性質を引き出すという点に興味があります。現在はカーボンナノチューブに加え、遷移金属カルコゲナイドナノチューブを対象に、物質開発や性質解明の研究をしています。

現在、遷移金属カルコゲナイドナノチューブでは大量合成が確立されており、直径100nm程度のナノチューブを得ることができます。一方で最近私たちが開発した合成法では、直径を10nmほどに低減可能です。直径を小さくすると、チューブに丸める際の曲率の効果が大きくなり、歪みの影響でバンド構造が変わるというユニークな性質が現れます。そこで重要となるのが、このサンプルの持つ可能性を示しながら、多くの人使いやすい条件を整えることです。そのため、様々な物性の調査、ある程度の量、精度で合成できる技術開発を進めています。活用の場を広げるため合成のスケールアップ、最終的にはカーボンナノチューブのように分離精製を用いて均一な構造のサンプルを得られるようにしたいです。

Lin 私は透過電子顕微鏡(TEM)、走査透過型電子顕微鏡(STEM)等を使って2.5次元材料の研究をしています。その中でも最近、二層グラフェンにおけるアルカリ金属および金属塩化物のインターカレーションに取り組

AO3班

分析班 公募班

(原子レベルでの層間インターカレーション機構の
リアルタイム可視化技術の開発)

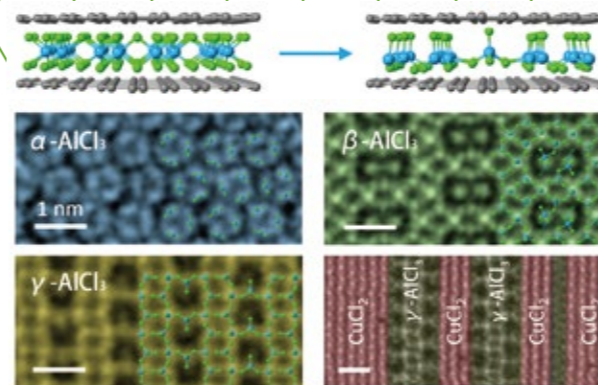
Lin Yung-Chang

んでいます。挿入されたアルカリ金属および金属塩化物の原子構造は、STEMを使って可視化し、観察時の構造変化もその場でSTEMイメージングを利用し捉えることができます。化学分析はEELSを使用しています。これらを利用して二層グラフェン中のアルカリ金属の密度について研究を進めたところ、バルクのグラファイトよりも二層グラフェンの方にアルカリ金属が2倍インターカレート可能であると明らかにすることができました。

公募班にご応募された理由を教えてください。

蓬田 2.5次元領域が始まる前から宮田さん(A02)と一緒に研究しており、応募してみないかと声をかけていただいたことがきっかけです。ナノチューブは1次元物質と見なされることが多いですが、私たちのナノチューブは直径が大きく、2次元物質としての特徴も持っています。例えば、チューブの軸方向から断面を見ると曲率がある2次元物質と見なすことも可能です。この曲率は、遷移金属カルコゲナイドのバンド構造や空間反転対称性に影響し、電気的な性質や光学的な性質を大きく変化させます。さらに、同軸上に異なるナノチューブを積層させたヘテロナノチューブを作ることができれば、様々な光機能が期待されます。このような曲率の効果や同軸積層の自由度を+0.5次元ととらえ、2.5次元ナノチューブの研究として応募しました。通常の2次元物質では、曲率をつけるための特殊な構造が必要ですが、最初から曲率がついていることや、多層でも空間反転対称性が破れているナノチューブの特徴を活かし、ナノチューブ特有の物理の解明や応用展開につなげていきたいです。

Lin 私はTEMを使って様々な二次元材料を研究しており、興味深い原子構造と特性を持つ新しい低次元材料を常に探していました。以前、二層グラフェンへ $AlCl_3$ と $CuCl_2$ を挿入し原子構造を可視化する研究を吾郷

二層グラフェンへの $AlCl_3$ 多形相のインターカレーション (Lin)

さん(A01)と共同で行う機会がありました。その際に、 $AlCl_3$ と $AlCl_3/CuCl_2$ 合金の予期せぬ新しい相を発見したことから、二層グラフェンの層間というのは結晶が成長したり、新しい構造に再配置されたりする、理想的な二次元ナノスペースであると認識しました。そのことから、二次元材料のインターカレーションに関連する研究を進めたいと考え、応募を決めました。

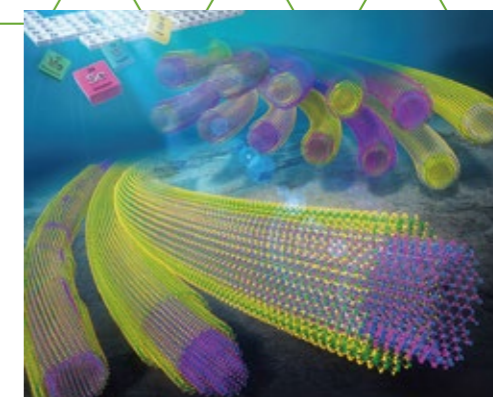
この2年間で先生方が進めてこられた共同研究について教えてください。

蓬田 遷移金属カルコゲナイドナノチューブ合成方法の研究を宮田さん、柳さん(A03)と進めています。そのナノチューブの表面で起こる水素発生反応に関して、電気化学顕微鏡の研究をしている高橋さん(A03)と一緒に進めています。筒状になると曲率によってバンド構造が変わるため、バンド計算を筑波大学の岡田さん(A01)と進行中です。また松田さん(A03)とはナノチューブの光応答に関して、SHG(第2次高調波発生)の研究を進めています。さらに加藤俊顕さん(A01)ともヤヌスチューブの研究を行っています。この研究は領域会議での質疑応答がきっかけとなり発展したもので、会議に参加していなかったら取り組んでいなかったかもしれません。

Lin 私の方は、吾郷さん、松本さん(A02)、末永さん(A03)と一緒に、アルカリ金属塩化物をインターカレーションし、その構造に関する研究を行っています。他には松田さんのサンプル、ひねりが加わった WS_2 パイレイヤーにおけるモアレ励起子、光学光応答関連の研究を始めました。加藤俊顕さんのヤヌスのサンプルについても進めています。今日はこれから加藤さんの研究室の学生が来てサンプルトランスファー方法を教えるのですが、そのように相互に協力する機会が生まれていますね。

私は構造や物理が面白いものや、新しいアイデアがあるサンプルにとっても興味を持っています。蓬田さんのサンプルは、これまでにない新しさがあり、とても興味深いです。試してみたいことがあるのですが、もしよかったですらチャレンジしてみませんか？

蓬田 私もインターカレーションに関して試したいことがあり、また相談させてください！遷移金属カルコゲナイドナノチューブは、構造評価や応用展開に関してもっと研究を進めたいと思っています。領域活動を通して、様々なアイデアが得られており、研究の幅の広がりを感じています。今後も様々な方と繋がり、ここでしかできない共同研究を展開していきたいです。



2.5次元遷移金属カルコゲナイドヘテロナノチューブ創製イメージ(蓬田)

領域活動を通して感じたことや、メッセージをお願いします。

蓬田 2.5次元領域に参加し、いろいろな方と交流することから始まった研究がいくつもあります。本当に共同研究を進める上で大きな機会となりました。

もう一つ、とても良かったのは共同利用拠点です。領域内で使っているという設備があり、それをメンバーが利用しやすいように拠点の先生方がアナウンスくださり、とても使いやすかったです。私自身、松田さんの光学測定機器を使わせていただきましたが、「こういう研究したいのですが」とお話ししたら、もう二つ返事でいいよと言ってもらえて、サポートもしていただきました。領域活動に参加していなかったら設備に関する情報を得ることも、使いたいとお願いすることも難しかったと思います。研究を広げていきやすい雰囲気やサポート体制がすごく整っていて有難かったです。

Lin 2.5次元材料チームのメンバーとして活動できたことは、とても素晴らしい経験になりました。皆さんとの活動の中で多くの知見を得ることができました。この領域では異なる研究分野であっても協力しあって進めていこうというスタンスがあり、研究に対するエネルギーを高めてくれましたし、優れた成果にも結びついていきました。今後も2.5次元領域メンバーの方々と共に共同研究の機会があることを楽しみにしています。

Interviewees

蓬田 陽平
東京都立大学
理学研究科
助教Lin Yung-Chang
産業技術総合研究所
材料・化学領域
主任研究員

(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2月29日)