

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 11

A01班

物質創製班 公募研究

(単一分子誘起2.5次元物質の創製と光物性・機能開拓)

小澤 大知

公募班にご応募された理由を教えてください。

小澤 2.5次元領域のテーマは自分の研究に近いと思っていましたが、公募1期募集の時期は2.5次元といえる研究をしていませんでした。この2~3年、二次元材料を研究する機会があったら応募したいと考えていたところ、二次元材料をそのまま使わずに機能を加える研究を始めました。そのためちょうどよいタイミングとなり応募につながりました。

井手上 ここ数年、二次元や2.5次元物質を扱う研究をしています。二次元物質は世界中で盛んに研究されており、輸送特性や可視光での応答についての研究が多くみられますが、Wi-Fiで使用されるようなGHz領域における周波数応答については、あまり開拓されていません。しかしGHz領域はスピンや超伝導の情報とかなり密接に結びついています。そのため二次元や2.5次元物質に対し、その領域を開拓していきたいと考えています。また2.5次元領域には知り合いの方も多く参加しており、親近感を持っていました。後半にあたる2期から参加し、共同研究等を加速できるよう尽力していきたいです。

これまでに取り組んでこられた研究についてお伺いしたいです。

小澤 現在メインとしている研究は二次元材料に対し、狙った場所・狙った波長で発光するような量子ドットを作ることです。これは我々独自の技術である、ごく低密度に低分子を結合させることで量子欠陥を導入する手法「蒸気相光化学反応」を応用しようとしています。例えばカーボンナノチューブ(CNT)1本に分子を1つだけつけて欠陥構造を作ります。すると、その部分だけエネルギーのポテンシャルが低くなり、それが量子ドットとして働きます。CNT、二次元材料、半導体、絶縁体など様々な材料

A04班

物性開拓班 公募研究

(2.5次元物質の量子相における新奇高周波電磁応答の開拓)

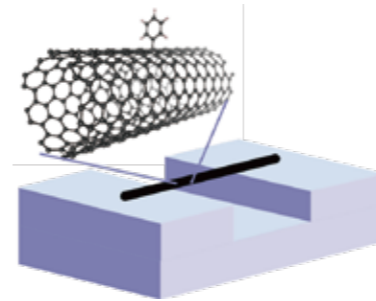
井手上 敏也

に分子を取り付けて欠陥構造を作る取り組みを推進中です。

この研究にたどり着くまで、博士課程では研究室が変わりグラフェンやCNTなどナノ物質の光物性の研究に、ポスドクでは原子層の光・電子デバイスに取り組んだ後、他の分野に挑戦することがキャリア形成につながると考え、化学工学の研究室に移りました。そこでは窒化ホウ素中の量子欠陥の光学特性を化学的に変調させたり、CNTの生化学センサーモジュールを作る研究に携わりました。その後、理化学研究所でCNTに欠陥構造を導入する研究に着手し、現在所属する物質・材料研究機構(NIMS)ではさらにそれを広げ、深めているところです。近接した分野をまたぎながら研究していくうちに、化学だけ物理だけでは得られにくい視点や理解が可能になったように思います。そして化学的な手法を取り入れて物性を変えろというアイデアに結び付き、今の研究に繋がっていったのではないかと感じています。

井手上 学生のときは三次元物質を研究していました。例えば磁性絶縁体において、その量子力学的な効果で熱の流れが曲がることや、対称性が破れた物質特有の面白い現象などを研究していました。様々な三次元物質を扱う中、二次元物質に出会う前には層状化合物のビスマステルルヨウ素を扱っていましたが、バルク試料におけるドメインの問題といった難しさを感じていました。この層状化合物の経験もあり、その後助教になったタイミングで本格的に二次元物質を扱い始めました。

二次元物質は様々なこと、例えば、曲げる、引っ張る、自由に積み重ねるなど、対称性や構造を制御することができます。物理的に自分たちの手でいじれることは結構すごいことだと思っていて、物質に手を加えながら、対称性が破れたことに起因する機能性や物性を思い通りに発現できるという面白さを感じています。そのため、この数年は光領域での整流現象に取り組んで



量子欠陥を導入した架橋カーボンナノチューブの模式図(小澤)

いて、対称性の破れに起因する様々な面白い機能性を、自分たちで二次元物質や2.5次元物質をデザインすることで実現しています。さらに2022年、准教授になり研究室を立ち上げた時に、これまで進めてきたことを発展させつつ何か新しいことをやりたいと思いました。そのタイミングで高周波測定の実験がある方が助教としてきてくれて、光から高周波へと範囲を広げることができました。願わくば高周波領域と今までやってきた輸送特性や光の応答などを結びつけていきたいです。

第2期公募班のキックオフにあたる第7回領域会議はいかがでしたか?

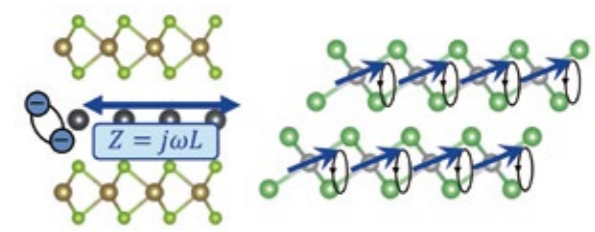
小澤 興味深い発表が多く、たくさん質問させていただき充実した時間となりました。これまで活動してこられた方々がすごいのはもちろんのこと、公募2期の新しいメンバーの方々が、従来の二次元研究にはみられないテーマや技術を持っていらっしゃると感じました。それぞれがすごい尖ったものをお持ちなので、自分も頑張らないと思いました。

井手上 もともと存じ上げている方も多かったのですが、ここまで進んでいるんだなって楽しみながら拝聴しました。また、この領域内ではとても盛んに共同研究が行われていることが印象的で、自分もその中に加わり新しい研究の芽をどんどん見つけていきたいなと思いました。

領域内での共同研究ではどのような展開を考えていらっしゃいますか?

小澤 様々な材料に分子をつけて欠陥構造を作り、量子ドットを作製していきたいと考えています。そのため様々な素材や情報に出会う機会はとても大切です。今回の領域会議に参加し、サンプル見本市やコーヒーブレイク、夜のバンケットの時に直接お話しするなど、コミュニケーションの機会が多くありました。この量子ドットの研究において何か反応の条件をすぐに出す場合、多くの実験をする必要があるため、大面積でなるべくクオリティの高い試料があると結果が得られやすくなります。中でも岡山大の鈴木さん(A02)からは心の中に燃えるものを感じ、早速サンプルの提供をお願いしました。

井手上 私たちの高周波の測定では、主に磁性体と超伝導体に焦点を当てています。そのため面白い磁性体や超伝導体をいただき、私たちの測定法で測ってみたいと考えています。以前から共同研究させていただいている笹川さん(A04)と今回の領域会議でお会いした際、新

2.5次元物質の高周波応答の模式図
2.5次元超伝導体の慣性インダクタンス応答(左)
2.5次元磁性体のスピン共鳴(右)(井手上)

しく面白い超伝導体の候補を教えてもらったので、まずそちらを進めていきたいと思っています。

小澤 井手上さんの高周波の測定ですが、どのようにされてるのでしょうか?私もそのうち高周波の測定を研究に取り入れたいと考えているのですが、数10GHzの高周波を自分のように不慣れな人が使うのは大変だろうなと思っています。特別に装置を配線するなど、何かテクニックがありますか?

井手上 そのあたりの周波数はすごく通りにくいので、研究室のメンバーが自作の装置をつくるなどで頑張ってくれています。小澤さん所属のNIMSと私の研究室は同じ電車の路線ですし、ぜひ研究室にいらしてください!

また私たちのところでは、高周波以外でトランスポートや光測定も行っているため、その方面でのコラボもいくつか動き始めました。ちょうど歪みをかけたいと思っていた物質系があり、その技術をお持ちの蒲江さん(A04)との共同研究もその中の1つです。

2.5次元領域はバックグラウンドも持っている興味も少しずつ違うメンバーが集まっていると思います。その中で、ああでもないこうでもないって議論を進めていくと、1人で考えるよりも、ここでしか思いつかないようなアイデアが生まれてくるのではないのでしょうか。領域会議の発表だけでなく、コーヒーブレイクやいろいろな機会、ふとした時に交わした会話がアイデアの種になり得ると思うので、そんなセレンディピティを楽しみに2年間を満喫していきたいです。

Interviewees



小澤 大知

物質・材料研究機構
ナノアーキテクトニクス
材料研究センター
主任研究員

井手上 敏也

東京大学
物性研究所
准教授

(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8月27日)