

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 4

## A03班

分析班 公募班

(2.5次元材料における局所触媒活性の  
実空間イメージング)

高橋 康史



## A03班

分析班 公募班

(格子不整合二次元ナノ界面における  
熱・電荷輸送の相関の解明と制御)

柳 和宏

## 公募班にご応募された理由を教えてください。

**高橋** 私の研究室では電気化学顕微鏡を作っていて、触媒活性を計測しています。サンプルを探していたところ領域が立ち上がり、目指していた方向性に近かったため応募しました。また共同研究していた宮田さん(A02)が計画班にいらっしやるというご縁もありました。

**柳** 自身は、柔らかい材料系の熱電変換現象、温度差から熱起電力が発生するという現象を研究しています。カーボンナノチューブをこれまで扱ってきましたが、より正確な議論をするため界面が制御された系で研究をする必要がありました。研究を進めていくと、1次元より2次元的な界面の方が実験しやすいと分かり、宮田さんと一緒に二次元原子層を積層した系での研究をスタート。その後、ヘテロに積層した界面で非常に熱伝導が小さいという面白い現象が見つかり、その研究を広げたいと思ったところ、2.5次元領域が立ち上がったので、それで公募研究として参加したくなり応募しました。

## 先生方の研究について教えていただけますか？

**高橋** 最近の取り組みの1つは、表面の反応性の違いを可視化することです。水素の発生のしやすさ、CO<sub>2</sub>還元のしやすさなどについて進めています。CO<sub>2</sub>還元で重要になるのは、有用な化合物を作り出すための触媒を作ること。その触媒を作るための指針を得るためには、局所的な計測が重要になり、そのため走査型電気化学セル顕微鏡などを独自に開発して、計測を行っています。

**柳** 高橋さんは最初からずっと、走査型近接場顕微鏡(SNOM)と電気化学を研究されておられたんですか？

**高橋** 結構いろいろやっており、4年生のときは計算化学、修士のときはSNOM、電気化学顕微鏡も作っていました。入学先は医学部だったので、その影響があり、別の研究テーマでは細胞といった生物関係の計測をしています。

**柳** 私も研究をしながら、いつの間にか熱物性という、どちらかという機械工学分野の研究に足を踏み入れています。物性物理の王道は、例えば磁性や超伝導、光物性ですが、だんだん離れてなぜか熱の研究をしているなど(笑)。

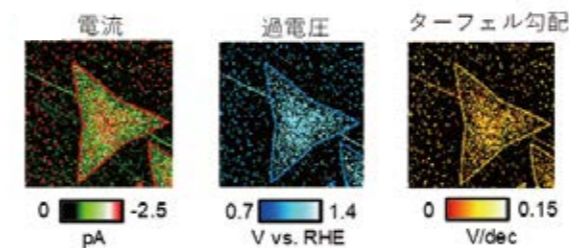
最近の取り組みでは、構造が制御されたファンデルワールス力で形成された界面において、熱がどのように流れているか、また電気伝導との関係がどうなっているかを調べています。さらに、熱起電力の生じ方や、界面での物質の電子構造、特にヘテロ構造やモアレ積層構造ではより複雑になるので、そのあたりを総合的に見ていきたいですね。

## 領域内ではどのような活動を行っていますか？

**高橋** この領域で主に研究している、ダイカルコゲナイドのナノシートは試料としてすごく良いです。2.5次元の0.5の部分の部分が従来とは違うアプローチとなり、エッジを照らすだけでも、曲げ、ひずみ、欠陥と、様々なものを含むので、そこが進めたかったことに近いなと感じています。

進行中の活動としては、宮田さん、東北大の加藤さん(A01)のグループと、ヤヌシートの触媒能を測ることなどを。他にも新しいダイカルコゲナイドの材料を作ってもらい、その触媒能を測ったりも。蓬田さん(A01)とはナノチューブの半径と触媒能の関係を調べています。吾郷さんのグループとはMoS<sub>2</sub>ナノリボンを計測しています。

場合によっては下請けのように計測することも過去の

走査型電気化学セル顕微鏡による  
MoS<sub>2</sub>のHER活性サイトの可視化(高橋)

経験上ありますが、2.5次元領域の中は風通しがよくて議論しやすく、計測で得られた情報を開発者側にフィードバックして何か作ってもらうことも。また、知り合いの知り合いを紹介してもらう、逆に紹介するということが、研究の広がりを感じることができています。

**柳** 僕のほうは、元々この2.5次元の研究に足を踏み入れたきっかけの宮田さんに色々教えてもらいながら、一緒に研究しています。また界面の熱輸送や電気伝導は、界面の状況が非常に大きく効いてきて、転写方法がすごく大事です。そのため転写方法を町田さん(A02)のところでは学ばせてもらったりも。他にも、グラフェン系の材料も調べていきたい状況になり吾郷さんに試料をお願いしたり、計算科学で岡田さん(A01)にサポートに入っていたり、たくさんの方々と活動中です。

また有機半導体を研究していらっしやる荒井さん(A02)が、温度で層間の構造が変わるという研究を領域会議で発表されていました。そこで僕は熱がどうなるか非常に興味深く感じ、荒井さんの材料を使った熱の変化に関する研究も進めています。

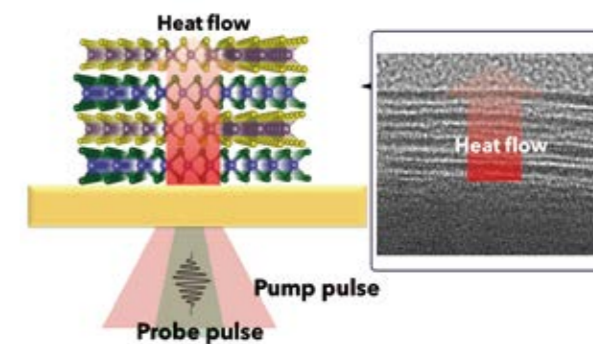
## これまでの領域活動の中で、感じたことは？

**高橋** メンバーの皆さんはそれぞれが近い研究分野の中で、ご自身が持っている独自の技術をオープンにして交流している様子が見られて、すごいなと。さらにこの領域に初めて参加する方も入りやすい雰囲気を感じています。

領域会議では色々な方と話す機会があり、予想していなかった新しい研究が始まることも。宮田グループの中西さんとの研究は偶然のスタートでした。僕が偶然示した情報に対して、たまたまその場にいた中西さんがそれと同じ構造がある試料を持っていて、測ったら本当にすごいのが出て。コミュニケーションをとることやアンテナを張ることの大切さを実感しました。

逆もあり、絶対いいはずだというものがありよくないことも。でもそのときに、例えば転写方法が影響を与えていたことが原因だったりすると、他のメンバーの方に伺うことができます。そこも領域の良いところですね。

**柳** 活動を通してすごく若手をエンカレッジしてくれてるなって感じています。というのも、この前の領域会議で、指導している学生が若手奨励賞をいただきました。そのテーマは本筋にしている2次元と積層界面の研究ではなく、高分子を積層し、そこにイオンを挿入したと



ファンデルワールス界面における熱輸送(柳)

き、どのように熱伝導が変わるかという研究でした。割と面白いデータが出たので、ぜひポスター発表してみたらと学生に声をかけたところ、発表の経験値だけでなく賞もいただくことに。その学生にとって間違いなく今後の励みになり、すごくありがたいなって思いました。

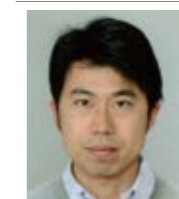
**高橋** そのテーマのきっかけを伺っても？

**柳** 共同研究している中で、高分子材料のケースだとイオンがたくさんインターカレートして、電気伝導率も、構造も変わる傾向があるので、これを熱計測すると何か信号の変調が見えるんじゃないかっていう読みがあった。研究指導委託で4か月間来る学生にこのテーマはどうかという話になり、3ヶ月ほどでデータを出しました。出てきたデータが納得のいくもので、ちょうど大阪で領域会議があるから、ポスターにまとめて発表したらどうか？と。

**高橋** 色々な方が関係して始まったテーマですね。

**柳** ただやっぱり解釈が難しく、今悩んでいます(笑)

**高橋** 本当に僕らも、何か明らかにするために計測してるのに余計に謎が深まるみたいなのが結構あります。逆に学生がものすごく古くなったサンプルを計測していたら、触媒能が逆転してエッジが悪くなってテラスが良くなるみたいな発見も。学生の思いつきも、思わぬ展開があるので重要だと感じますね。

高橋 康史  
名古屋大学  
工学研究科  
教授柳 和宏  
東京都立大学  
理学研究科  
教授

(五十音順 敬称略)

聞き手：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：2023年9月11日)