



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 3

## A01班

物質創製班 研究分担者

(高品質h-BNの高圧合成と気相成長)

## 渡邊 賢司

### 現在の主な研究について教えてください。

**渡邊** 現在進めているのは、hBN（六方晶窒化ホウ素）の合成技術開発とその光物性に関する研究です。hBNは2.5次元材料の中では基板材料や誘電体層カバーなどで利用されています。昔からある材料ですが、グラフェンの登場以前は注目度の低い材料でした。私たちが高温高圧法で合成するhBNは高純度・低欠陥な単結晶のため、原子レベルで平坦な表面を持ち、グラフェンや遷移金属カルコゲナイドなど様々な二次元結晶の基板材料に用いられています。2.5次元領域では、これまで行ってきた高温高圧法による合成とともに、柔軟性の高い気相成長法を用いた高品質試料作製、光学特性を利用した評価、発光特性の調査などを進めています。

**蒲江** 二次元物質の中でも特に遷移金属ダイカルコゲナイド(TMDC)の半導体を対象とした物性研究に取り組んでいます。積層させたTMDCのヘテロ構造、少し角度をつけて積層させたモアレ超格子構造など単一物質では出来ない構造を作り、新しい物性や機能を引き出したいと考えています。物性実験の研究では、電気、光、熱的な性質を調査しますが、我々はこの測定技術のスパイスとして電解質を導入しました。ユニークな技術を取り入れることで、既存のデバイスにはない制御が可能になり、機能デバイスとして展開したいと考えています。最近では特に、発光デバイスや電解質を使った磁気伝導や超伝導等の制御について積極的に取り組んでいます。

### 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。

**渡邊** 私は物理出身で、学生時代はずっと光散乱現象に取り組んでいました。分野でいえば非線形光学です。材料は非線形特性を示すものなら何でもよくて、

## A04班

物性開拓班 研究分担者

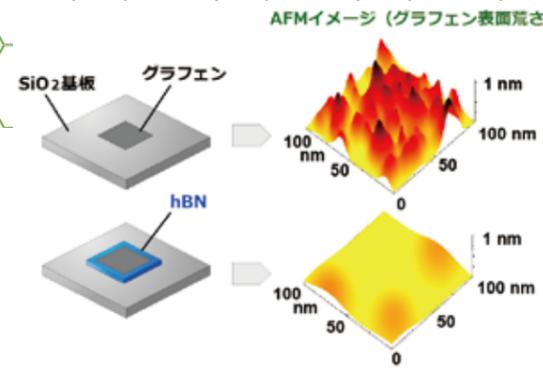
(多様な2.5次元物質の電気伝導・光伝導・熱電特性の機能発現)

## 蒲江

遷移金属酸化物などがメインでした。ドクター取得後は、半導体分野で通信インフラを担っている会社に就職しました。その後、旧科学技術庁無機材料研究所に移り、光ファイバーに関連した半導体材料に取り組むことに。その頃の研究所は大体100人ぐらいの規模で、全員知った顔というアットホームなところでした。研究所では半導体材料としてダイヤモンドを研究しました。当時はポストシリコンの流れがあり、頑丈で温度変化にも耐え、放射線でも壊れない、その条件に合う材料としてダイヤモンドを扱っていたのです。また当時すでにcBN（立方晶窒化ホウ素）も研究対象になっていました。

無機材料研究所がNIMS（物質・材料研究機構）になる頃、研究の中心は窒化ホウ素に。共同研究者の谷口尚さんとはその時から一緒に、谷口さんが高温高圧法を使いバルクのcBNを作製、私が光で評価する体制でずっと研究してきました。窒化ホウ素は研究者が少ない分野でしたが、2012年以降グラフェンの基盤材料として、安定した原子平面ができるhBNが注目されるようになりました。こうしてhBNに関する研究が一気に進んできたところですね。

**蒲江** 私の方は、卒業研究で有機単結晶と電解質の測定技術の2つを組み合わせた、機能やデバイス物性に関する研究を行いました。これが今の研究の基礎になっています。この研究の中で苦労したのが、有機物と電解質の相性が非常に悪く、有機物が溶けてしまうこと。例えば1回測定すると2回目は測定できないのです。そのため四苦八苦しながら苦労して進めました。大学院では有機物以外で展開したいと考えていた時、指導教官からアドバイスをもらい、それが二次元材料との出会いになりました。最初から二次元材料に興味があったのではなく、電解質を使った測定技術やデバイスを何か他の物質に適用できないかということから始まったのです。進めるとすると二次元材料は電解質と相性がよく安定してお



hBNの基板使用によりグラフェンの原子レベルでの平面性が格段に向上する（渡邊）

り、今まで全然うまくいかなかったことが簡単にうまくいき、それが嬉しくて！すごくいい物質だなと思いながら使っていましたが、研究が進むにつれて物質自体の二次元の効果や量子的な性質の面白さが分かるように。デバイスありきだったものが、物性を使って機能を引き出すことやデバイスとの相乗効果を期待する視点に変化してきました。それが今の研究に繋がっています。

### 領域内での共同研究を1つ、お聞かせください。

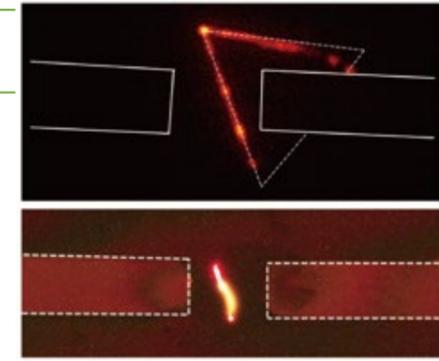
**渡邊** ニュースレター29号で松本さん（A02）が紹介していた共同研究は、今まさに進行中です。hBNは透明でバンドギャップが大きく、絶縁体として利用されている材料。この層間に何らかのイオンが入り、グラフェンのように特別な性質を示すことが分れば非常に面白いのです。岡田さん（A01）が理論計算し、我々のhBNに松本さんがインターカレーションを、私のところではランダム散乱で処理後の格子振動変化を測定し、町田さん（A02）のところでも計測を始めています。

**蒲江** 最近では坂野さん（A03）との共同研究が印象深いですね。坂野さんは二次元物質の電子構造を見る測定がとて得意です。我々は、二次元や2.5次元物質を歪ませる、引っ張るなどして結晶構造を変え、何か新しい物性や機能出現に注目しています。結晶構造が変わるとその電子的な構造、バンド構造も変調され、性質も変わります。坂野さんと一緒に取り組むことで、それを直接観測し物性に繋げていきたいと考えています。

このように高度な技術を要する測定は、条件もシビアになるため技術的にもとても困難です。高度な実験になればなるほど、お互いに条件がかみ合わずコラボレーションが難しいもの。領域活動では様々な交流の機会があり、お互いにハードルを越えて擦り合わせができます。今、領域を通して共同研究ができ、通常ではとても難しいことができるようになってきていると実感しています。

### 蒲江先生は准教授として独立され、環境変化が大きい中での共同研究だったのでは？

**蒲江** 独立して研究室を一から立ち上げるのはとても大変でした。現在進行中ですが…。電話線を引くような事務作業から、実験室のレイアウト、見積、電源やガスの工事など、全てを1人で構築する苦労もありましたが、これからの研究を思い浮かべると自然と楽しくも感じました。想像以上に大変だったのは、実験室に2m<sup>2</sup>の簡易的なイエローブースを立ち上げた時です。節約のために研究室のメンバーと一緒に3人で組み立ててみたところ、テ



電解質を用いて様々な原子層物質及びヘテロ構造の発光デバイスが作製できる（蒲江）

ントを張る要領で簡単にできると思っていたのですが、ブースが傾くやらネジは緩むやら、震度2で倒壊するような出来栄で。結局、後日業者を呼んで組み立ててもらいました。教訓として、慣れない大作業はプロに任せた方が時間も費用も節約になると身に染みました。

**渡邊** 領域活動期間のメンバーの独立はとても嬉しい出来事です。一緒に研究を楽しんでいきましょう。

### 領域の皆様へメッセージをお願いします。

**渡邊** 領域活動の目的は、横の繋がりに加えて更にいろいろな効果を出すところにあります。それがとてもいい感じで実現しているなと思っています。私は谷口さんと2人で研究しているので、幅広い分野の人と交流が持てて、横の繋がりができるのは極めて貴重な機会です。スタートして半年はすぐに経ってしまい、もう3年。今共同研究しているものも、ようやく入口に來れたようで、面白い結果が出るのではと期待しています。

研究はいろいろやっている時が一番楽しいと思うんです。新しいことを見つけたときは更に面白い。これから、まだまだ新しいことを探していきたいと思っていますので、皆さんよろしくお願いします。

**蒲江** 是非皆さんと共同研究をしたいと思っています。上手くいくかどうかを最初から深く考えずに、まずはちょっとやってみようぐらいの感覚で始められたらいいですね。気軽にお声がけいただけたらと思います。

### Interviewees



渡邊 賢司

物質・材料研究機構 (NIMS)  
特命研究員

蒲江

東京工業大学  
理学院  
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7月18日)