

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 7

## A01班

物質創製班 公募班

(大気・熱安定性に優れた14族2.5次元物質の創製と熱電応用への展開)

黒澤 昌志

先生方がこれまで進めてきた研究と、公募班ご応募の理由を教えてください。

黒澤 学生の頃からシリコンやゲルマニウム等の14族半導体で、ダイヤモンド構造の結晶成長を行ってきました。きっかけは、九州大学で受講した授業が面白く、この先生から学びたいと思って選んだのが、シリコン等の14族半導体に取り組む研究室で。実際に研究を進めると結晶を作ることが意外に面白く、新しい結晶を作ることや何か発見することが楽しくなりました。その後ポスドクで名古屋大学に行き、数年後、次のポストを探すタイミングで白石賢二先生と議論する機会がありました。白石研では、計算によると実現可能な14族二次元結晶のプロジェクトが進行しており、学内の若手新分野創成プロジェクトで自分がその結晶成長にチャレンジすることに。分析に詳しい先生と理論計算の先生、結晶作製担当の私でグループを組み進めています。プロジェクトがスタートして7~8年が経ち、ようやくうまくいき始めたところで今回の応募に繋がりました。

塩見 学生時代はたまたま磁性がテーマの研究室に配属され、温度を下げて磁場もかけてという、本当に基礎的な物理の研究を行っていました。物性物理は黒澤さんと違い応用が全然見えない分野です。教授に聞くと30年後に役に立つんだとか言いますが、当時は疑問に感じることも。いろいろ悩んだりしました。応用寄りの研究もやってみたい、そういう世界を見てみたいと思うようになった頃、磁性を使った応用分野でスピントロニクスが流行り始めました。電子は電荷だけでなく「スピン」という磁石の性質もあり、このスピンを使ったスピントロニクスに積極的だった東北大で運よく助教に採用されました。スピントロニクスの研究者は応用を目指しているの、役に立ちそうな室温で磁性があるものに注目します。

## A04班

物性開拓班 公募班

(2.5次元物質における高効率スピン電流変換)

塩見 雄毅

一方で、自分は物性物理学の人が興味を持つ、役に立たないような物質も扱ってきた経験があります。そこで物性物理の物質を使ってスピントロニクス機能を出すように組み合わせるなど、両分野の境界で研究を進めてきました。2.5次元でも、物性物理とスピントロニクスの技術をうまく絡めて、スピン流の性質をもって何か面白いことができるのではと考えて応募しました。

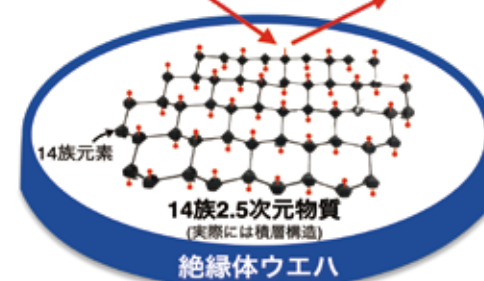
現在の研究内容や2.5次元的ポイントは？

塩見 電流とスピン流を高効率に変換できる材料の開発は、スピントロニクスでずっとテーマになっています。コンセントにプラグを挿したらスピン流を出せるかという、それはなかなか難しい。電気からスピン流を作り、スピン流を測る時も電流に変換して測ります。そこで重要となるのは、どのように電流とスピンを高効率に変換するのかということ。そのロスを減らすことができればスピン流を使ったデバイスに繋がります。

私もそのような観点で材料開発をしていて、2.5次元を使うとよい結果が得られるのでは？と期待しています。物質を材料開発する際、ある1つの物を作って一生懸命試行錯誤していきますが、通常材料系と比べて2.5次元材料は自由度が違うのです。何か違うものをくっつける、ひねるなどが2.5次元ではできるので、ある種の人工物質のように扱うことが可能です。それにより、高効率なスピン流と電流の変換ができるのではないかとこのころに興味があり、領域の方々からサンプルをいただきながら、進めていきたいと考えています。

黒澤 私が進めていることは2つあり、1つは熱電応用への展開。もう1つは白石先生との議論で計算から成長が可能だと予測されているゲルマニウム結晶を作ることです。六角形の蜂の巣のような形状で14族元素から成る二次元結晶のゲルマニウムを作り、その電気的な物性測

水素原子などをつける 外す

絶縁体ウエハ上に形成した  
14族2.5次元物質のイメージ図(黒澤)

定が大きな目標です。その測定のためには、絶縁体の上に結晶を作らなければなりません。まずそれをクリアすること、そのため現在は結晶成長を頑張っています。

2.5次元の".5"については、グラフェンが完全にフラットであることに對して、シリセンやゲルマニウムは横から見て若干屈曲しており、完全にフラットではないという特徴があるというところ。もう1つは、シリコンやゲルマニウムは共有結合のうち3つは隣同士で繋いでいるのに対し、シリセンやゲルマニウムでは1つ繋げないダングリングボンドがあります。そこに何か原子をつけたり、外したりできれば、物性を変えられるということが分かっています。そのため結晶を壊さずに、つける・外すが可能かどうかにもチャレンジ中です。

領域での共同研究について教えてください。

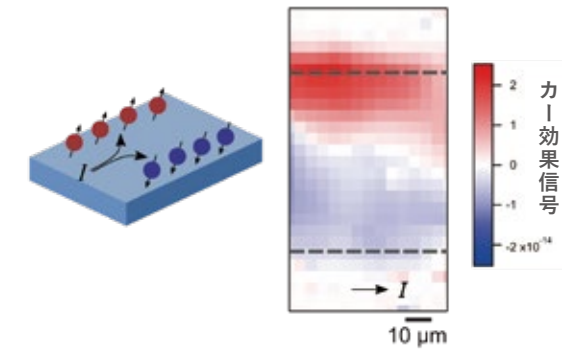
黒澤 私は結晶を作ることが得意な方なので、私が作った結晶で何か面白い物性があれば領域の方々とコラボレーションできるのではと考えています。また計画研究班の方々がお持ちの評価装置などを使わせていただけると有難いです。実際に動いているものは、熱電というキーワードが一致した石井さん(A05)との共同研究です。計算を石井さんが、私は14族2.5次元結晶に関して温度差をかけて電気を取り出す計測を行っています。

塩見 この領域の共同研究では、化学の方も多く、様々な試料をお持ちの方がいらっしゃいます。そこで、いろいろな方から試料をいただき、専門分野であるスピントロニクスに関してたくさん仕事をしていきたいです。

笹川さん(A04)からはポスター発表されていた試料をいただき、圧電効果に関する結果が得られ論文に。宮田さん(A02)からは1次元の面内ヘテロ構造を持つ試料をいただき、界面に電流を流した時のスピン偏極について研究を進めています。また加藤俊顕さん(A01)が創成したヤヌスの試料に対して光を使い磁性を計測することも行っています。

領域活動を通じて、ご自身にどのような変化がありましたか？

塩見 領域の活動に参加することで、これまでなかった繋がりや広がりがありました。電車でお互い行き来できることもあり、宮田さんの装置がうちに来ることに。黒澤さんともこれまで面識なかったのですが、お互い同期

電流に誘起されたスピン偏極の  
磁気光学カー効果を用いたイメージング(塩見)

で、さらに知り合いが一致していることが分かりました。また領域内の活動については1つ1つに意図があり、しっかり準備されていると感じていますし、メンバーの方々がフランクでありがたかったです。初めて領域会議に参加した時は、いるかいなかわからないくらいに存在感で、終盤には存在感をちょっと発揮できるようになりたいと思っていましたので(笑)

黒澤 分かります(笑)、私も同じような感じです。人脈が広がったと実感しています。

また、初めて参加した領域会議で立ち話をしたとき、デバイスを作る人が少ないよ、ぜひ何か作ってと言ってもらいました。その時、せっかくだから熱電物性を測るだけじゃなくて、デバイスチックなもの、簡単なプロトタイプでもいいので何か作れたらなと思いました。いつか自分の研究したものや2.5次元領域で生まれたものが、生活の中で広く使われるようになったら嬉しいですね。

デバイスのように役に立つかどうかという視点も必要ですが、領域会議では皆さんが純粋に楽しんでいる様子も印象に残っています。何か構造が面白いとか、くるくる巻いてるのが面白い、美しいねという観点のものだったり。研究を進めていく上で自分も何か面白いことを発見したら、それをとことん追求していくのもありだなと思いました。自分たちに2.5次元の".5"の解釈を任されているので、そこがとてもありがたいです。

## Interviewees

黒澤 昌志  
名古屋大学  
大学院工学研究科  
准教授塩見 雄毅  
東京大学  
大学院総合文化研究科  
准教授

(五十音順 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:2023年11月20日)