日本物理学会　学生優秀発表賞を受賞して

凝縮系物性研究部門　　井手上研究室　修士課程２年　石井 智博

このたび、2025 年 3 月に開催された日本物理学会 2025 年春季大会において、学生優秀発表賞(領域 4)を受賞いたしました。この賞は日本物理学会において各領域ごとに審査され、優れた発表を行った学生に対して授与されるものです。共同研究者の皆様をはじめとする多くの方々に支えられてこのような名誉ある賞を頂けたことに、心より感謝申し上げます。

今回受賞対象となった発表は「原子層磁性絶縁体ヘテロ構造におけるトンネル磁気抵抗効果」です。原子層物質は 2004 年にグラフェンが発見されたことに端を発した研究分野で、テープを使って剥離することで原子層レベルの極限的な薄さまで到達させることができる非常に面白い物質です。そしてその中でも原子層磁性体は極限的な薄さにおいても磁気秩序を維持するような物質として注目されており、2017 年に単層 CrI_3 での強磁性が発見されて以来、様々な研究が進められてきました。

本研究はこの原子層磁性体を用いたヘテロ構造についての研究です。原子層物質はそれぞれの層が弱いファンデルワールス結合によって結合しており(この層間の弱い結合がテープで容易に劈開できる理由でもあります)、全く異なる結晶構造を持つような物質であっても、ただ重ねるだけで簡単に界面を作り出すことができます。今回の研究ではこの性質を用いて互いに性質の異なる磁性体を貼り合わせた「原子層磁性体ヘテロ界面」に関する研究を行い、発表しました。

今回、我々は互いに異なる磁気異方性を持つ CrI_3 と $CrCl_3$ という 2 つの磁性絶縁体のヘテロ積層を、数層グラフェンの電極で挟み込むことによって上下から電圧を印加し、そこを通り抜けたトンネル電流についての測定を行いました。このトンネル電流の外部磁場に対する応答は「トンネル磁気抵抗効果(TMR)」と呼ばれ、本研究ではそれぞれの物質単体では起こりえない新たな不連続変化を伴う特徴的な TMR を観測しました。この結果から、従来は面内異方性を持っている $CrCl_3$ が面直方向への異方性を獲得していることが明らかとなり、更に従来の単体では実現し得ない全く新しいスピン状態を生み出していることを明らかにしました。ここから、原子層磁性体ヘテロ界面においては相互作用による単純な足し合わせではなく、物質の組み合わせに応じた全く新しい磁気構造が存在しうる可能性が示唆されました。このようなヘテロ界面が作り得る物質の組み合わせは非常に多く存在し、今後も探求を続けていきたいと感じています。

本研究は日頃より優しくご指導いただいている井手上敏也准教授と、実験技術を指導して頂いた田中未羽子助教両名にご協力頂き、学会発表に至ることができました。また、日頃よりお世話になっている当研究室メンバーおよび共同研究者の皆様にも、この場をお借りして深く御礼申し上げます。