ISSP 学術奨励賞を受賞して

理学系研究科物理学専攻　講師　　酒井 明人

この度、「室温巨大異常ネルンスト効果を示すトポロジカル磁性体の開拓」に対して ISSP 学術奨励賞を賜りました。中辻教授、森所長、共同研究者の皆様を始めとする多くの方々からのご指導ご鞭撻によるものと考えます。深く感謝申し上げます。研究内容の詳細については過去の物性研だよりに記事を書いておりますので[1, 2]、ここでは研究の背景とその後の発展などを簡単に記させていただきます。

私がこのプロジェクトを本格的に開始したのは、ちょうど 2017 年に物性研の助教として採用された頃からです。横方向の電気伝導現象である異常ホール効果は、磁場によって電子が曲げられるという描像から、磁化の大きな強磁性体で大きいと考えられてきました。しかし 2015 年にカイラル反強磁性体 Mn_3Sn において強磁性体の 1/1000 の磁化であるにも関わらず強磁性体に匹敵する大きさの異常ホール効果が発見され、この常識が覆されました[3]。2017 年には Mn_3Sn がワイル磁性体であることがわかり[4]、さらに強磁性体に匹敵する大きさの異常ネルンスト効果(熱流と磁化に垂直方向に生じる熱電効果)が観測され[5]、ワイル磁性体のベリー曲率(波数空間の仮想磁場)が横方向の伝導現象を増大させるという理解が浸透し始めた頃でした。そのような状況の中で、異常ネルンスト効果の室温での値を増大させ、熱電応用に繋がるようなワイル磁性体を見つけたいというモチベーションから本研究をスタートしました。

当時客員教授として物性研に滞在していたバンドゥン工科大学の Nugroho 教授とその学生の Rombang さんとタッグを組み、日々多くの候補物質の合成と測定を行いました。その中、Co_2MnGa がどうやら大きな異常ネルンスト効果を示しそうだという実験データが出始め、純良化を進めていくうちに通常の 10 倍以上の巨大異常ネルンスト効果を示すことがわかりました。初めて巨大な異常ネルンスト効果の測定データを見たときは、大変驚き興奮したのを覚えております[1]。異常ネルンスト効果は従来の熱電効果(ゼーベック効果)に比べ薄膜等平面への展開が容易であり、素子の形状因子により電圧を増強できるという利点も持ちますが、室温での値は小さく過去に熱電応用を目指した研究が行われたことはありませんでした。この巨大異常ネルンスト効果の発見により、従来の熱電技術とは原理の異なる新たな熱電応用研究がスタートしました。

その後もさらに探索を続け、東北大学是常教授のハイスループット第一原理計算による候補物質の絞り込みの後、Fe_3X (X = Ga, Al)も巨大異常ネルンスト効果を示すことを発見しました[2]。この物質は Fe という安価でユビキタスな元素を多く含み、作製が容易であり、高い異常ネルンスト係数を示す薄膜も得やすいという利点がありました。この発見により応用研究がさらに発展し、NEDO「ワイル磁性体を用いた熱発電デバイスの研究開発」における熱流センサーや熱電モジュールの開発や様々な共同研究へと繋がっています。これらのデバイスがスマホなどの電化製品の部品として利用されるようになるのはまだ先の話ですが、そのような未来に向かって研究開発が着実に日々進展しています。発見者として大変嬉しく思うと同時に、基礎研究に基づくさらなるブレークスルーの必要性も感じております。今回の受賞を励みとして今後も研究に邁進したいと思います。

[1] A. Sakai, Y. P. Mizuta, A. A. Nugroho, R. Sihombing, T. Koretsune, M.-T. Suzuki, N. Takemori, R. Ishii, D. N.-Hamane, R. Arita, P. Goswami and S. Nakatsuji, Nature Physics, **14**, 1119–1124 (2018)., 物性研だより第 58 巻 第 4 号

[2] A. Sakai, S. Minami, T. Koretsune, T. Chen, T. Higo, Y. Wang, T. Nomoto, M. Hirayama, S. Miwa, D. Nishio-Hamane, F. Ishii, R. Arita and S. Nakatsuji, Nature **581**, 53–57 (2020)., 物性研だより第 60 巻 第 3 号

[3] S. Nakatsuji, N. Kiyohara, T. Higo, Nature **527**, 212-215 (2015).

[4] K. Kuroda, T. Tomita et al., Nature materials **16**, 1090-1095 (2017).

[5] M. Ikhlas, T. Tomita, T. Koretsune, M.-T. Suzuki, D. Nishio-Hamane, R. Arita, Y. Otani and S. Nakatsuji, Nature Physics **13**, 1085-1090 (2017).

令和３年度
物性研究所 所長賞授与式