

研究室訪問記 2024 年度 奨励研究助成（環境）

訪問日 2025 年 7 月 22 日

東京大学 大学院工学研究科 山田 林介助教

研究題名：強相関物質における電荷秩序揺らぎを活用した熱電ネルンスト効果の開拓

東京大学 山田林介先生の研究室に訪問して、これまでの研究や助成研究についてお伺いしました。

(図 1)

プロフィール

研究のテーマは物性物理学、材料科学です。熱電効果という、物質の機能性を開拓する上で、新物質を作る合成研究をメインに行っています。この物性物理の分野ですが、かなり専門性が高い分野になっています。最近の High インパクト論文になりますと分業制が進んでいて、合成する人、測定する人、計算する人、別々になっています。一方で私たちは、なるべく一気通貫で合成から測定、研究を論文化するところまで学生さんと一緒に進めていくというような形でやっています。合成と測定を並行して進めていくと、試料の組成や品質をどのように変えると、物性応答を効率よく改善できるかという点を全体感を持って把握できるので、測定の結果を合成にフィードバックし、物質の機能性を引き出していくことができるのはすごく良い点かなと思っています。

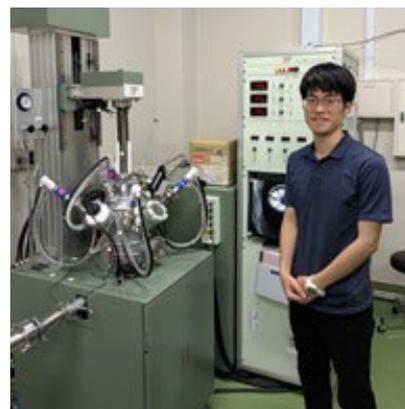


図 1 山田先生

また、素粒子や天文の世界ではなく、物性物理学の研究に携わっているのは、日常生活に役に立つ工学の側面を持っていることが一番大事だと思っているからです。基本的にサイエンスが好きで、実験とか研究をするんですけども、工学に応用するっていう視点は忘れずに頑張っていきたいと、いつも思っています。具体的には、工場や自動車などで発生する 200℃未満の低温排熱から有用な電力を取り出すことに繋げていきたいと考えています。

助成研究の概要

今回の研究提案に関して言いますと、磁性スピンの秩序状態が生じ始める、ちょうど転移温度のぎりぎりのところで、熱電効果が大きくなるというのを論文にまとめたところだったので、他の物でも実際に出るかっていうのに興味を持って研究をしています。また、磁性スピンの秩序に加えて、電荷の疎密波が秩序化するという現象も物性物理で知られています。電荷秩序が生じる転移温度付近でも効果が増大するのではないかと考えていて、その研究をしたいと思って応募させていただきました。(図 2)

また、今まで開拓されてこなかった、散乱時間に起因するネルンスト熱電効果に興味がありまして、こちらの寄与を精密に調べていきたいです。

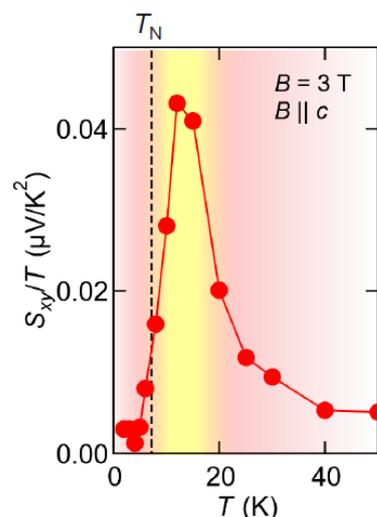


図 2 ネルンスト効果のピーク

秩序状態に差しかかった移転点近傍では、長距離秩序をせずに、近い距離で秩序化が始まりかけたような状態になり、散乱の効果が大きくなるということが一般に知られていて、それを熱電効果に応用できないかと研究しています。

苦労話

この研究提案でいうと論文を書くのが一番大変でした。

秩序状態の揺らぎを使えばいいんじゃないか、というのを前提に今日はお話しているんですけども、このアイデアにたどり着くところがすごい難しかったです。実は、こうなると思って研究していたわけではなくて、もともとはトポロジカルな効果による綺麗なシグナルを目標にして研究を進めていました。しかし、様々な観点からよく調べてみると、揺らぎの効果が一番効いてるんじゃないかという、新しいメカニズムの提案に辿り着きました。温度依存性を詳しく調べてみたところ熱電ネルンスト効果がピーク構造を取るということがわかりまして、その起源を様々な視点から検証したことを覚えています。データを見たときにどういうふうな解釈を与えるかという、次の研究に繋がる指針を立てるといふ部分が一番苦労した点です。

ブレイクスルー

ネルンスト効果を利用する方式ではデバイス構造がシンプルになり、ウェアラブルな製品に適している一方で変換係数が小さい、温度領域が極低温であるという、まだまだ、基礎研究の状態です。ゼーベック効果の究明は歴史がありますが、ネルンスト効果の表式は既に知られているんですけど、ここをさらに書き下すことが出来ない状況でして、この根本的な、式というか、メカニズムのところを明らかにするのがまず第一歩と考えています（図3）。この原理を明らかにできると物質候補が見つかり、研究が発展していくと思いますが、その最初の第一歩となる基礎原理を固めていくのが大事だと考えています。

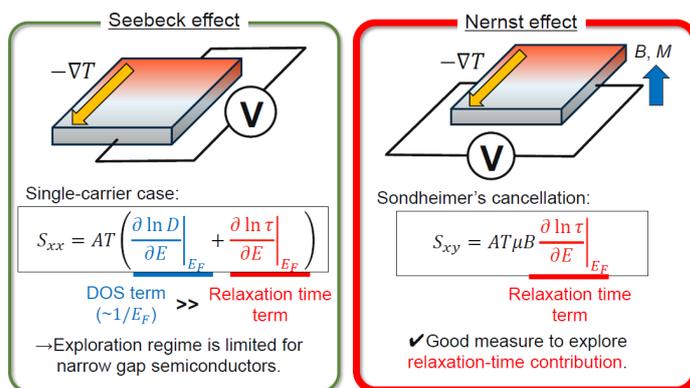


図3 ゼーベック効果とネルンスト効果

本助成の良かった点

め切が科研費と近いタイミングで、書くモチベーションが上がっていた時期が重なって良かったです。また、助成金を頂けるのが新年度の始まるタイミングなので、この点も助かっています。