

桜庭 裕弥

物質・材料研究機構 磁性・スピントロニクス材料研究拠点
グループリーダー

異常ネルンスト効果を用いた新規スパイラル型熱電発電の創成

§ 1. 研究成果の概要

異常ネルンスト効果は、磁性体の磁化と外部から与えられた温度勾配に直交方向に電界が生じる現象であり、この特性を利用することで、一般的なゼーベック熱電発電よりも圧倒的に簡便なモジュール構造での熱電発電の実現が期待されている。しかし、その実現に向けては、異常ネルンスト効果による高い熱電能(20 μ V/K 程度以上)を示す材料を探索する必要がある。本研究では、大きな異常ネルンスト効果を示す材料探索の指針を確立するとともに、エネルギーハーベスト応用に向け、異常ネルンスト効果による熱電発電能力を実証することを目的とし研究を進めている。2019 年度は、近年の研究で最も高い熱電能が報告されているホイスラー合金 Co_2MnGa について、その性能の起源となる電子構造と、組成、フェルミ準位位置の相関を光電子分光及び第一原理計算との連携によって緻密に評価した。最大出力となる 6.3 μ V/K の異常ネルンスト効果が発現する膜において、スピン・角度分解光電子分光を行った結果、大きな異常ホール効果-異常ネルンスト効果を生じさせるワイル点の極めて近傍にフェルミ準位が位置していることが分かり、理論予測と整合する結果が得られた。一方、フェルミ準位をシフトした際に現れることが予測される横ペルチェ係数の正負の符号反転が現れないなど、電子構造に起因する内因性機構だけでは説明されないことなどが見出され、外因性機構の影響を示唆する結果を得た。さらに、2019 年度は、単一基板上に組成傾斜をかけた薄膜(コンビナトリアル薄膜)試料を作製し、単一試料上でのフェルミ準位制御を行うことでより効率的に材料の最適化を試みた。 $\text{Co}_2\text{MnAl}_{1-x}\text{Si}_x$ の Al:Si 組成を傾斜させた結果、1つの基板上の試料のみから、Al 組成が 0.9 程度の領域で異常ネルンスト効果が最大化する傾向が確認され、コンビナトリアル法で簡便な材料探索と厳密な材料評価が可能であることを示した。その他、 Co_2MnGa 薄膜を用いた異常ネルンスト熱流センサーを試作し、熱流センシングの高い感度を示すなどの成果を得ている。