

新しい熱電変換を求めて：光励起と強電場

New directions to thermoelectrics: photo-excitation and strong electric field

名大理¹ ○寺崎一郎¹Nagoya Univ.¹ ○Ichiro Terasaki¹

E-mail: terra@cc.nagoya-u.ac.jp

熱電変換とは固体の熱電現象を通じて、熱エネルギーと電気エネルギーを相互に変換する技術のことである。その研究は 1 世紀を超える長い歴史を持ち、ペルチェ冷却を用いた CPU クーラーや温冷庫として実用化されている。最近になって、環境やエネルギー問題に対する関心の高まりとともに、排熱からの電力回収技術としてその価値が見直されている。

熱電変換の変換効率は、性能指数 Z と呼ばれる物理量で評価される。 Z は、電気抵抗率 ρ 、ゼーベック係数 S 、熱伝導率 κ を用いて $Z = S^2/\rho\kappa$ と表現される。これら 3 つの物理量はすべてキャリア濃度の関数であり、高い効率を示す材料の設計は難しい。我々は、熱電変換の新たな可能性を探っており、ここでは 2 つの試みを紹介したい。

一つ目は、光を使う熱電変換材料の開発である。我が国で入手可能な再生可能エネルギーは、膨大な社会活動から生み出される排熱と、太陽から降り注ぐ光エネルギーであろう。我々はその 2 つを組み合わせ、新しいエネルギー変換の可能性を探っている。具体的には、光によって励起されたキャリアによる熱電効果、すなわちフォトゼーベック効果を利用した熱電変換である。

フォトゼーベック効果は、チェコの Tauc によって 50 年代半ばに報告された後 (Tauc, Czech. J. Phys. **5** (1955) 528)、様々な半導体の基礎評価として 70 年代に研究が行われた。しかし 80 年代以降には研究がほとんど途絶え、我々はほぼゼロから計測システムを構築し、ZnO のフォトゼーベック効果の計測に成功した (Okazaki et al., J. Phys. Soc. Jpn. **81** (2012) 114722)。図 1 に光励起されたキャリア濃度を示す。図から明らかなように、365nm の紫外 LED によって、 10^{19} cm^{-3} のオーダーの電子を光ドーピングできることがわかった。このことは、光は化学的要素置換と同程度に有効なドーピング方法になり得ることを示している。

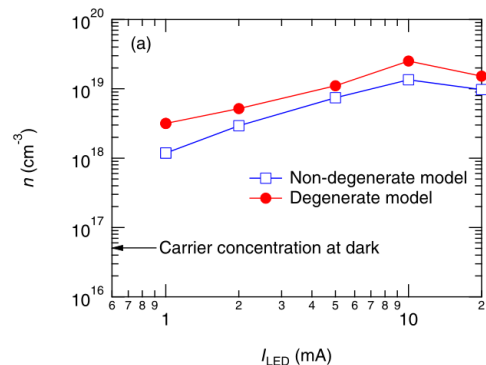


図 1: 光ドーピングによるキャリア濃度

二つ目は、外部電場あるいは電流によって、非平衡状態での熱電効果を調べることである。その目的のため、我々はモット絶縁体 Ca_2RuO_4 の非線形熱電効果を調べた。この物質は 360 K 以下で金属絶縁体転移を起こしてモット絶縁体になるが、比較的低い電場 (30 V/cm) で、ひと桁以上抵抗率を低下させることができる。我々は、強電場印加状態でのゼーベック係数の計測に成功した。その結果、抵抗率が低下するにもかかわらずゼーベック係数が増大することを見出した。まだその物理的起源は明らかではないが、非平衡効果の魅力を示す結果と考えている。

当日は熱電変換の一般的な導入から始めて、これらの成果を平易に紹介する予定である。本研究は、岡崎竜二、堀川絢加、Partha Sarathi Mondal、仁科靖生、安井幸夫、太田裕道、中村文彦、鈴木孝至のみなさんとの共同研究です。フォトゼーベック効果については科学技術振興機構 ALCA の援助を受けました。