

電流によって増強されるルテニウム酸化物の異常な熱電効果

本論文では、物質の電子状態に対する電流効果の解明を目的として、電流通電下におけるゼーベック係数の測定装置の開発及び評価を行った。ルテニウム酸化物を対象として測定を行ったところ、電流通電下でゼーベック係数が異常な増大を示すことを発見した。本論文は、物質の電子状態に電流が及ぼす影響を明らかにするだけでなく、電流によるゼーベック係数制御という熱電変換の新たな指針となることが期待される。

熱電変換とは、熱エネルギーと電気エネルギーを相互に変換する物理現象のことである。この変換技術は、火力発電のようにタービンの力学的エネルギーを介する間接的なエネルギー変換技術とは異なり、熱と電気の運び手である物質中の電子を介して、熱エネルギーと電気エネルギーを直接変換する現象（熱電効果）のことを指す。熱電効果のうち、図 1(a)に示したように、物質に温度差を与えたとき、温度差に比例する電圧が生じる現象をゼーベック効果と呼ぶ。その比例係数はゼーベック係数として知られており、ゼーベック係数が大きく、電気抵抗率（内部抵抗）が小さな物質は、身の回りの排熱を利用可能な熱電発電における有力な候補物質となる。

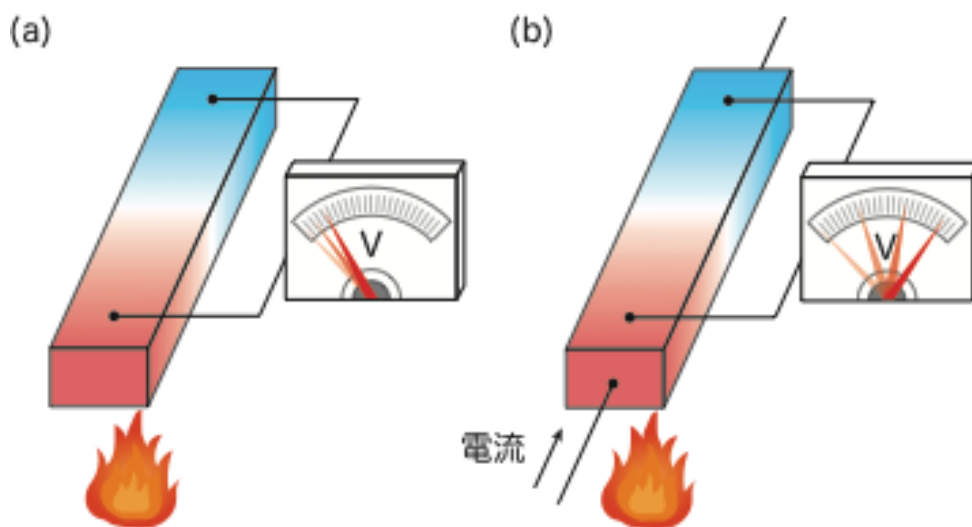


図 1. (a) 従来のゼーベック効果の測定の模式図。物質に温度差を与えると、温度差に比例する電圧が生じる。
(b) 本研究で行った電流通電下でのゼーベック効果の測定の模式図。

これまでに、物理学・化学・工学などの多くの分野において熱電変換に関する研究が行われてきた。従来の高効率の物質群においては、鉛 (Pb) やテルル (Te) などの有害元素を含むといった問題点があったが、近年では酸化物などの環境に低負荷な物質の開発が進められている。さらに、ナノ構造を用いた輸送係数の制御や、トランジスタ構造を用いた電界効果によるキャリアドーピングなど、新物質探索に限らない様々な指導原理の提唱・実証のもとに、熱電変換の研究は新たな局面を迎えつつある。一方、エネルギー変換効率という観点からは太陽電池などと比較して依然低く、熱電効率の制御・向上を目指した新しい指針の提案・確立が望まれてきた。

最近、名古屋大学大学院理学研究科物質理学専攻のメンバーを中心とする研究グループは、電流

という身近なパラメーターに注目し、電流がゼーベック係数に及ぼす影響を明らかにするため、電流通電下でゼーベック係数を精密に測定する手法の開発を行った（図 1(b)）。さらに、ルテニウム酸化物 Ca_2RuO_4 に対して測定を行い、電流とともにゼーベック係数が増加することを明らかにした。本研究は、物質の電子状態に対する電流効果を明らかにするだけでなく、電流によるゼーベック係数制御という熱電変換の新たな研究指針となることが期待される。この成果は、日本物理学会が発行する英文誌 *Journal of the Physical Society of Japan (JPSJ)* の 2017 年 9 月号に掲載された。

氷点下で流れる川が凍らないように、一般的に温度上昇効果と電流通電効果は良く似た結果をもたらすことが多い。一方、本研究で測定対象としたルテニウム酸化物 Ca_2RuO_4 の場合、温度上昇に対してゼーベック係数は減少するのに対し、電流通電に対してゼーベック係数は増加しており、温度効果と電流効果は全く逆の結果を示している。温度や圧力などといった平衡量とは異なり、電流という非平衡量が物質の電子状態に及ぼす影響は自明でなく、電流通電や光照射によって実現する非平衡電子状態の理解は今後の物性物理学における重要な研究課題の一つである。さらに、電流通電下という非平衡状態におかれた電子系は、非平衡統計力学における格好の研究対象となっており、統計基礎論などの他分野への波及効果も含めて今後の研究の展開が期待される。

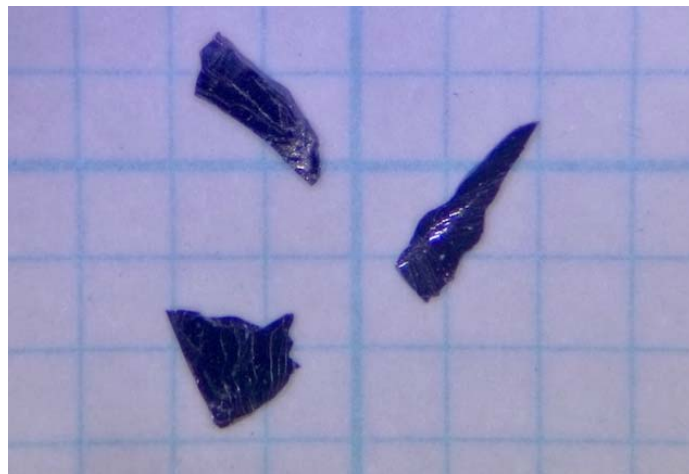


図 2. 本研究で測定を行ったルテニウム酸化物 Ca_2RuO_4 単結晶試料の写真。

原論文

[Anomalous Thermoelectric Response in an Orbital-Ordered Oxide Near and Far from Equilibrium](#)

[Yasuo Nishina, Ryuji Okazaki, Yukio Yasui, Fumihiko Nakamura, and Ichiro Terasaki, J. Phys. Soc. Jpn. 86, 093707 \(2017\).](#)

問合せ先：岡崎竜二（東京理科大学理工学部）

寺崎一郎（名古屋大学大学院理学研究科）