

3次元トポロジカル絶縁体 BSTS 薄膜を用いた表面ディラック電子系の

熱電物性の直接観測とその解明

東北大学大学院 理学研究科・物理学専攻

助教 松下 ステファン悠

火力、水力、原子力をはじめとした発電機構のほとんどは、動力こそ異なるものの、“タービンを回して発電する“という機構は共通している。これに対し、「熱電変換」はゼーベック効果を利用して熱エネルギーを電気エネルギーへと直接変換する現象である。このエネルギー変換効率（性能指数）の良い物質のことを「熱電材料」と呼び、昨今のエネルギー問題の解決策のひとつとして研究されている。本研究は、高い性能指数を持つ可能性がある物質として近年注目され始めているトポロジカル絶縁体（TI）について、その熱電物性の解明を目指すものである。

TI物質とは、2000年代に発見された新しい物質の特性であり、結晶の内部が絶縁体であるにも関わらず、表面部（原子数層）が“ディラック電子“と呼ばれる特異な電子状態によって金属的な性質を示す物質のことである。物性における従来の分類である絶縁体、半導体、金属の何れにも分類できないことから、盛んに研究が行われている。近年、このTI物質が熱電性能指数を大幅に向上させる材料になり得るとの理論的な提唱がなされた。しかし、実験、取り分け、TI物質の特徴である表面状態についての熱電に関する観測はほとんど報告されていない。本研究は、絶縁性に優れたTI物質である $\text{Bi}_{1.5}\text{Sb}_{0.5}\text{Te}_{1.7}\text{Se}_{1.3}$ という化合物を用いて表面状態の熱電物性を直接観測し、その熱電物性を明らかにすることを目的とする。表面状態の熱電物性を解明することで、熱電変換の効率向上に対するトポロジカル絶縁体の可能性を広げ、今後の研究の新たな指針を示すことを目指す。

【将来実用化が期待される分野】

熱電材料を用いた発電は既に実用化されているが、その多くは数百度以上という高温領域で機能する材料を用いている。また他の代替エネルギーに比べて性能指数は低いため、排熱を利用した補助的な発電機構と位置付けられている。これに対し、TI物質の場合、性能指数が最大値となるのが室温程度であるため、我々の普段の生活のなかで生まれる熱を発電に利用することが可能になる。また、その性能指数を飛躍的に向上させることで、熱と電気の循環サイクルを生み出すことが可能となる。