

研究成果の概要

どんな物質も原子からできており、その原子の中には電子が含まれています。金属などの一部の物質は電気を流す性質を持っており、家電製品や船舶、車両、航空機、電子機器など様々な製品に用いられています。こうした製品の制御や通信機能をつかさどるのが、電流すなわち膨大な量の電子の流れです。従って電流をいかに早く、エネルギーの効率を高めて流すかが、その機械の性能と消費電力を左右します。現在のエネルギー問題や温暖化といった地球規模での課題の解決の行方は、日常のこうした電気の使い方に掛かっています。

このたび、内藤教授の研究グループは、電子が温度の変化のみで、質量が軽く光子のような性質を示す特殊な電子に変換する過程の観測に成功しました。

こうした特殊な電子は、2006年頃からいくつかの物質で発見されており、2010年のノーベル物理学賞は、この分野での先駆的な研究に贈られました。

しかしこれまでにこうした特殊な電子が見つかったのは、例えば世界で最も深い海底の水圧の何倍もの高い圧力や、宇宙空間のような高真空中（圧力が事実上ゼロの世界）での原子一個分の厚さを持つ膜といった特殊な環境に置かれた特殊な物質に限られていました。更に通常の電子でも特殊な電子でもそれらが他方に変化すること自体が稀であったため、その相互変換の機構が理論研究に頼らざるを得ない状況が続いてきました。またいづれにせよ、物質中の電子を直接見ることはかなり難しく、ましてそれが通常の電子か特殊な電子かは、見たとしても区別が付きません。

今回本学の研究グループは独自に開発した物質とその関連物質の中から、こうした電子の変換が期待される、すなわち特殊な電子になりかかっていると推測される通常の電子を含んでいる物質を選びました。その際重要な着眼点は、圧力変化ではなく温度変化のみで当該の変換が期待されるという点で、実際この予想が的中したために今回の観測が成功しました。圧力を変えていく実験は難しいだけでなく、色々な観測上の制約を伴います。それに対し、温度を変えてくのは比較的容易で、観測上の制約も殆ど伴いません。この優位性を生かして、色々な物性測定と理論計算を併用し、両者に矛盾がないことを根拠として、上記の電子の変換過程を明らかにしました。