

高温から存在する超伝導電子

東大などの研究グループ発見

超伝導温度向上に期待

東京大学物性研究所の近藤猛准教授と辛嶋教授らの研究グループは、物性研究所が独自に開発したレーザー励起型の光電子分光装置を用いることで、従来とは一線を画す精度で銅酸化物高温超伝導体内を波打つ超伝導電子を観察した。一般的な超伝導体で温度を上げて行くと、抵抗ゼロで特徴づけられる超伝導状態が消滅すると同時に、物質内の超伝導電子は皆無となる。今回の研究によって、銅酸化物高温超伝導体では、超伝導温度からかけ離れた更なる高温でも、超伝導電子が生き残ることが明らかになった。現存する最も高い超伝導温度を持つ物質群での発見であり、超伝導温度の飛躍的向上と、室温超伝導の実現へ向けて大きな希望を与える成果だ。ネイチャー・コミュニケーションズに7日掲載された。

銅酸化物超伝導体は、安価な液体窒素温度でも超伝導転移することから、エネルギー問題を一挙に解決する夢の物質として、発見当時、社会現象とも言える衝撃を与えた。それから約30年、超伝導温度の更なる向上のため様々な物質探索が行われてきたが、銅酸化物

超伝導体は今でも、他の追随を許さない超伝導温度を持っている。しかしながら、自由な超伝導設計への指針となる「高い超伝導を生む源」は未だ分かっていない。銅酸化物が見せる高温超伝導の機構解明は、物理学における最重要課題の一つだ。

光電子分光法は、「超伝導の研究には物質内電子を直接観察すればよい」という単純明快な考えに基づく実験手法で、物質内電子を上のため様々な物質探索が行われてきたが、銅酸化物

りも1.5倍近く高い温度まで持続して存在することを発見した。超伝導電子の形成温度と超伝導転移温度が大きく食い違う物質例はこれまでになく、銅酸化物高温超伝導体の特性といえる。銅酸化物高温超伝導体は、伝導を担うキャリアを絶縁体に注入することで超伝導を発現するため、金属よりもむしろ絶縁体に近い物質。その物質でなぜ高い超伝導を示すのか、未だ謎が多い。今回の研究結果は、絶縁体の瀬戸際で生じる超伝導ならではの性質として、ミクロに生成される超伝導電子が十分な量生成されて初めて超伝導性が発生することを示し、「高い超伝導を生む源」を特定する上で指針となる。また、超伝導の名残が高温超伝導体の超伝導温度よりも、さらに高温で発見されたことから、超伝導温度の飛躍的向上と、その先にある室温超伝導実現へ向けての、大きな一歩だといえる。

高温超伝導体だが、超伝導電子の形成から超伝導状態へ至るまでの温度変化に関与して特異性は無いものとき、超伝導状態のシンボルともなっていた。つまり、一般的に超伝導と同時に、抵抗電子の形成と同時に、抵抗ゼロの超伝導に転移すると

と伝搬する光を粒の集合体として記述して見せることで、光の概念を覆したアイシシユタインの発想に基づいている。研究グループは、先端的なレーザー技術と分光技術を組み合わせて実現した高性能光電子分光装置を用いて、従来とは一線を画すエネルギー分解能で超伝導電子を観測した。

銅酸化物高温超伝導体の超伝導電子は、ある方向に節を持つd波として振る舞うことが知られている。これは、一般的な超伝導体がもつ等方的で節の無いs波超伝導電子との大きな違いである。

このように、対称性には大きな特徴を持つ銅酸化物