

論文審査の結果の要旨

氏名 池田 正樹

銅酸化物における高温超伝導機構の解明には、ホールドープ型物質と電子ドープ型物質の類似性と相違を比較し検討することが重要な鍵を与えるが、これまでの多くの研究はホールドープ型物質に集中し、電子ドープ型物質についての研究例は少なかった。本論文では、非常に多くの情報を与える角度分解光電子分光を用いて、電子ドープ型高温超伝導体を様々な観点から詳しく調べている。とくに、ホールドープ型、電子ドープ型に関わらず、超伝導転移温度に対する圧力効果は超伝導機構の解明に重要であるが、光電子分光実験は超高真空中で行わなければならないため、圧力下における電子構造に関する情報はほとんど得られていなかった。本論文では、希土類イオン半径を変えることによって化学的に加えた圧力を利用して、圧力下における電子構造の研究を光電子分光を用いて可能にした。

本論文は8章よりなる。第1章ではまず本研究の背景として、銅酸化物高温超伝導体の研究の歴史、結晶構造、物性、相図、基本的な電子構造について述べている。とくに、電子ドープ型物質に特有の現象として反強磁性との競合を挙げ、本論文の背景について説明をしている。第2章では、電子ドープ物質の物性と先行研究を網羅的に紹介している。とくに、本論文で対象とした、希土類イオンを置換した電子ドープ型高温超伝導物質と、同一の系でホールドープと電子ドープの両方を可能にした新物質について詳しく紹介している。続く第3章では、本論文で用いる測定手段である角度分解光電子分光法と内殻光電子分光の原理と、測定で得られたスペクトルの与える情報について述べている。

第4章から第7章までは、化学圧力効果下の角度分解光電子分光をはじめとして本論文で得られた実験結果を述べ、その解析、議論を行っている。まず第4章では、希土類イオン半径を変えることによって化学圧力を加えた電子ドープ型超伝導体 $\text{Ln}_{1.85}\text{Ce}_{0.15}\text{CuO}_4$ (Ln: 希土類) について角度分解光電子分光をおこない、化学圧力がフェルミ面の曲率を弱めることを見出している。この系では圧力が超伝導転移温度を低下させることがわかっているが、転移温度低下の原因として、曲率の低下がフェルミ面のネスティングを助け、超伝導と競合する反強磁性を強めるためであると結論している。

第5章では、電子ドープ型物質の超伝導出現に必ず必要である試料アニールの役割の解明を目指して、アニール時間の異なる試料について角度分解光電子分光の測定をおこなっている。アニールをする前の超伝導を示さない試料でフェルミ面全体に開いていたギャップが、アニールを進行させることによって各部分が次々に閉じていくことを見出し、これと超伝導発現の相関より、フェルミ面の特定な領域が超伝導出現に重要であると結論している。

第6章では、ホールドープ型物質にも見られるバンド分散の深い位置での折れ曲がり(高エネルギー・キック)について、電子ドープ型物質について詳細な測定を行い、折

れ曲がり位置の結合エネルギーがホールドーピング系に比べて大きくなることを見出している。結合エネルギーが大きくなる原因を電子ドーピング型物質とホールドーピング型物質の化学ポテンシャルの差として説明し、論争が続いてきた高エネルギーキックの発現機構について明確な情報を与えている。

第7章では、同一の系で電子ドーピングとホールドーピングの両方が可能な新物質 $(Y,La)(Ba,La)Cu_3O_y$ について内殻光電子分光を行うことによって、長年の論争であったホールドーピング型物質と電子ドーピング型物質の間の電子の化学ポテンシャルの跳びを実際に測定している。化学ポテンシャルの跳びが光学吸収スペクトルに比べて半分以下になることを見出し、その原因を、バンドギャップが間接ギャップであることと、キャリアドーピングによりギャップ中に状態が出現することにより説明している。

最後の第8章では、本論文で得られた知見をまとめ、それらが電子ドーピング系物質の研究、さらには高温超伝導研究全体に対してどのような寄与をするかを述べ、今後の展望を述べている。

以上のように本論文は、電子ドーピング型銅酸化物高温超伝導体の電子構造を新しい発想に基づいて多面的に研究し、重要な知見を得たことで高く評価された。従って、論文審査委員会は全員一致で博士(科学)の学位を授与できると認めた。

なお、本論文の一部は、吉田鉄平、小野寛太、久保田正人、笹川崇夫、高木英典の各氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験、解析、考察を行なったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士(科学)の学位を授与できると認める。