

量子ビーム計測の複合利用による 電子ドーピング系銅酸化物超伝導体の多元的結晶構造解析

H30海自1

派遣先 The 12th International Conference on Materials and Mechanisms
of Superconductivity and High Temperature Superconductors
(中国・北京)

期 間 平成30年8月18日～平成30年8月25日(8日間)

申請者 東北大学 理学研究科 物理学専攻

博士後期課程2年 浅 野 駿

海外における研究活動状況

研究目的

「多元的構造解析による Pr_2CuO_4 の結晶構造に対する還元アニール効果」と題した研究発表を行い、国内外の研究者と議論する。また、量子ビーム計測を複合的に活用した結晶構造解析の有用性を周知させる。さらに、本発表を通して、J-PARCのパルス中性子とSPrig-8の放射光X線を有する日本で行った量子ビームマルチプローブ研究の重要性を周知させることも目的とした。

講演の聴講を通して、世界の超伝導研究の動向を知るとともに、世界のパルス中性子施設や放射光施設を中心として行われている量子ビーム計測を用いた超伝導体の研究の情報を得る。

海外における研究活動報告

The 12th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity and High Temperature Superconductors (M²S)に参加した。本会議は、高温超伝導に関する世界で最も重要な国際会議の1つであり、3年

に1回開催される。今回は、中国の北京で8月19日から8月24日に開催された。

申請者は、「Reduction annealing effects on crystal structure of Pr_2CuO_4 studied by multiple structural analysis (多元的構造解析による Pr_2CuO_4 の結晶構造に対する還元アニール効果)」と題してポスター発表を行った。銅酸化物高温超伝導体の研究では、近年、わずかな不純物による構造乱れが物理特性に劇的な変化を引き起こす可能性に注目が集まっている。 T' 構造を持つ $\text{RE}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ ($\text{RE} = \text{Pr}, \text{Nd}, \text{Sm}, \text{Eu}$)の超伝導発現には、Ce置換による電子ドーピングに加えて、還元雰囲気下の熱処理(還元アニール)により過剰酸素を除去することが必要である。従来、Ce置換を施さない母物質はモット絶縁体と考えられてきたが、還元アニールを施した薄膜試料ではキャリアドーピングとなるCe置換なしで超伝導が発現する可能性が示された。しかし、超伝導発現や基底状態の違いの要因と考えられるアニールによる結晶構造変化に関しては未だ十分な知見が得られておらず、僅か5%程度の酸素量の違いが如何に超伝導発現に繋がるかは長年明らかになっていない。本発表では、J-PARCのパルス中性子を利

用した粉末中性子回折によるRietveld解析、及び、原子対相関関数(PDF)解析とSPRING-8の放射光X線を利用したCu K吸収端広域X線吸収微細構造(EXAFS)解析により、平均構造と局所構造の双方の観点から調べた Pr_2CuO_4 の結晶構造に対する還元アニール効果の結果を報告した。

本研究のように物質の平均構造と局所構造を複数の測定手法で系統的に調べた研究は他に少なく、国内外の多くの研究者に多角的結晶構造解析の有用性を示すことができた。しかし、酸素の占有率など、解析により得られた結晶構造パラメータの精度を手法ごとに定量比較できていないことが、本発表の議論で浮き彫りとなった。また、電子構造や磁性との関係に関する指摘も多く、今後の研究に関する重要な方針を得ることができた。

本会議で最も興味深かった講演は、Stanford大学のProfessor Z.-X. Shenによる時間分解X線回折(Tr-XRD)と時間分解角度分解光電子分光(Tr-ARPES)を用いた鉄系超伝導体の研究であった。超伝導体では、その標準理論であるBCS理論からわかるように、電子-格子相互作用が重要な役割を果たす。そのため、実験的に電子-格子相互作用の大きさを直接評価

することは重要であるが、これまで難しいとされてきた。彼らは、レーザー光を用いて物質中のコヒーレントフォノンを励起させ、結晶構造と電子構造の時間発展を観測した。Tr-XRDからポンプ光による原子変位 Δ_z を、Tr-ARPESからバンド分散の Δ_E を評価し、電子-格子相互作用の大きさ Δ_E/Δ_z を決定した。これは、量子ビームによる測定手法を複合的に活用したことで初めて得られる物理量を決定された点が非常に興味深い。今後、申請者が量子ビームの複合利用による物性研究を進めるにあたり、非常に刺激となる講演であった。

最後に、このような有意義な国際会議で、申請者の研究成果を世界に発信することができました。また、海外における最先端の研究をされている方々の講演を聴講し、議論することができ、国内の研究活動ではできない貴重な経験を得ることができました。本海外渡航をご支援くださいました村田学術振興財団に深く感謝申し上げます。

**この派遣の研究成果等を発表した
著書、論文、報告書の書名・講演題目**

Reduction annealing effects on crystal structure of
 Pr_2CuO_4 studied by multiple structural analysis