

銅酸化物高温超伝導体  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8(\text{Bi2212})$ における  
酸素 K 吸収端共鳴光電子分光  
**Polarization Dependence of Resonant Photoelectron Spectroscopy  
at O K-edge on Bi2212**

桃野浩樹<sup>a</sup>, 田口宗孝<sup>a</sup>, 滝沢優<sup>b</sup>, 大門寛<sup>a</sup>

Hiroki Momono<sup>a</sup>, Munetaka Taguchi<sup>a</sup>, Masaru Takizawa<sup>b</sup>, Hiroshi Daimon<sup>a</sup>

<sup>a</sup>奈良先端科学技術大学院大学, <sup>b</sup>立命館大学 SR センター

<sup>a</sup>NAIST, <sup>b</sup>The SR Center, Ritsumeikan University

e-mail: momono.hiroki.lu3@ms.naist.jp

超伝導の発現機構の解明のため価電子帯に関する光電子分光実験が広く行われているが、銅酸化物高温超伝導体のフェルミ準位近傍の光電子強度は一般に低いために研究が難しい。この問題を克服するため、および軌道の性質を解明するために、本実験では銅酸化物高温超伝導体  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8(\text{Bi2212})$ において、酸素 K 吸収端の X 線吸収分光および価電子帯共鳴光電子分光を行い、その偏光依存性を測定した。測定結果より大きな偏光依存性及びフェルミ準位付近で強い共鳴増大が P 偏光、酸素 K 吸収端のメインピークで確認された。励起の選択則から、酸素 K 吸収端のメインピークで共鳴励起される価電子帯では  $\text{Cu}3d_{z^2}$  が支配的であると考えられる。

$\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$  (Bi2212) is known to be one of the most stable copper oxide-based high-Tc materials. Signals of the valence bands at the vicinity of  $E_F$  easily buried in noise. It's important to improve the S/N ratio and get strong intensity to study the electronic structure. In this study, we measured the valence band of Bi2212 using resonant photoelectron spectroscopy (RESPEs). Resonant enhancement at O K-edge main peak with P polarization revealed the character of valence band near Fermi level

**Keywords:** Bi2212, XAS, O K-edge, 共鳴光電子分光

### 背景と研究目的

超伝導の発現機構を解明するために価電子帯に関する光電子分光実験が広く行われている。しかしながら銅酸化物高温超伝導体のフェルミ準位近傍の光電子強度は一般に低いために研究が難しい。この低いスペクトル強度の問題を克服するために遷移金属の L 端での共鳴光電子分光を行うのが通例であるが、銅酸化物高温超伝導体は電荷移動型絶縁体であるためフェルミ準位よりかなり深い位置に存在する下部ハバードバンドが共鳴増大されてしまう。我々はこの問題を克服する試みとして 2016 年度の下期に SPring-8 東大ビームライン BL07LSU にて高分解能広立体角 2 次元光電子顕微分光器 (DELMA) を用いて、酸素 K 吸収端および銅 L 吸収端において共鳴光電子分光の偏光依存性を測定した。その結果、大きな偏光依存性及びフェルミ準位付近で強い共鳴増大が酸素の K 吸収端、P 偏光で初めて確認された。しかし、X 線吸収分光測定の未整備や測定範囲が不十分であったため、酸素の K 吸収端から少しはずれたエネルギーでの測定になっていたことが判明し、論文には酸素の K 吸収端での測定が必要となっていた。本実験では、銅酸化物高温超伝導体  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8(\text{Bi2212})$  において、X 線吸収分光 XAS 酸素 K 吸収端の光エネルギーにおける価電子帯共鳴光電子分光の偏光依存性を測定することを目的とした。また、先行研究で銅酸化物における頂点酸素が  $\text{CuO}_2$  面から離れているほど Tc が上昇するという報告があり、c 軸方向に伸びる頂点酸素と  $\text{Cu}3d$  軌道の混成度合いを評価することが重要である。偏光依存性の測定結果を、電子の励起の選択性から考察し、頂点酸素と  $\text{Cu}3d_{z^2}$  の混成度合いを評価した。

## 実験

実験は放射光エネルギーを酸素 K吸収端:528eV付近(500eV~570eV)で変化させ、試料を回転してP偏光およびS偏光でX線吸収分光測定を行った。X線吸収分光測定で得られた結果から、酸素の吸収端およびその近傍に放射光エネルギーを合わせ、フェルミエネルギー近傍で各偏光での共鳴光電子分光を測定した。なお、XAS測定は試料電流による全電子収量(TEY)にて行った。

## 結果、および、考察：

図1にS偏光およびP偏光の酸素K端のX線吸収分光の測定結果を示す。酸素K端のスペクトルは526eVと530eVの二つのピークが観測された。526eVのプレピークの強度は、CuO層中のCu-O結合の共有結合の尺度を示し、p型ドーピングに起因する相関ギャップに現れる非占有のO2p状態への遷移に起因する。また、530eVのピークはCu3dの上部ハバードバンドとO2pの非占有状態の混成したものがピーク由来である[1,2]。図2に共鳴光電子分光の偏光依存性を示す。図2の(b),(c)において、15eV~20eV付近で強く共鳴増大しているのはオージェ電子である。さらにP偏光で入射光エネルギーを酸素K吸収端のメインピークに合わせた時に $E_F$ から8eVまでのP偏光での共鳴増大が顕著であった。電子の励起の選択則から、酸素K吸収端のメインピークはO2p<sub>z</sub>成分が多く、その励起で共鳴増大した $E_F$ ~8eVのバンドはO2p<sub>z</sub>と結合しているCu3d<sub>z<sup>2</sup></sub>が支配的であると考えられる。

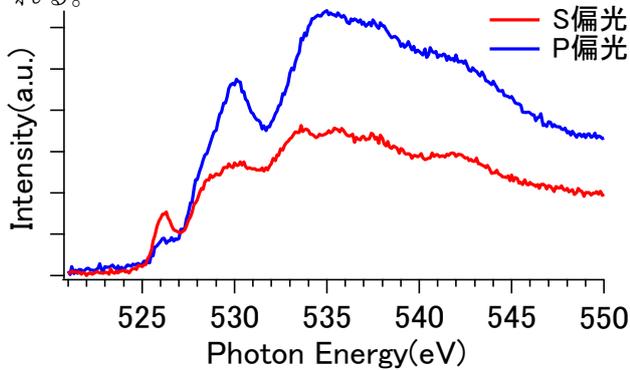


図1 酸素 K-edge の X線吸収分光

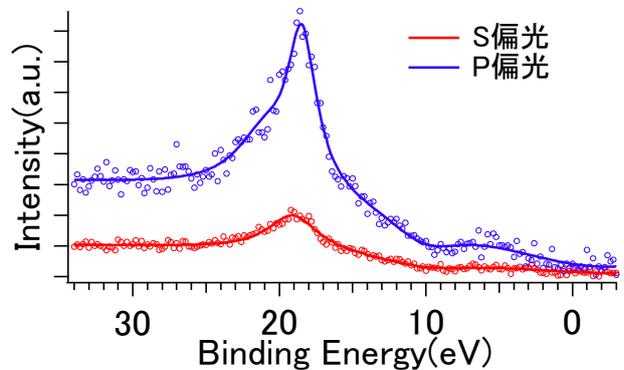


図2(a) hv=530eV 価電子帯共鳴光電子スペクトル

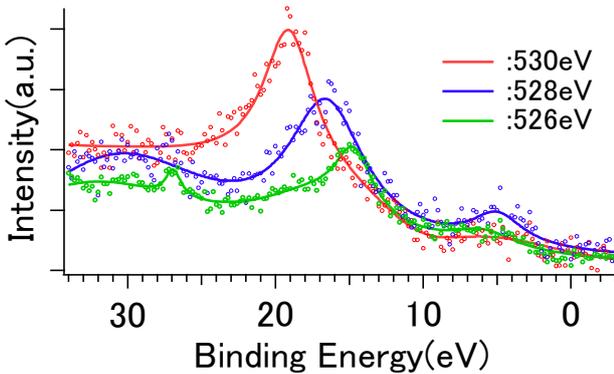


図2(b) S偏光 価電子帯共鳴光電子スペクトル

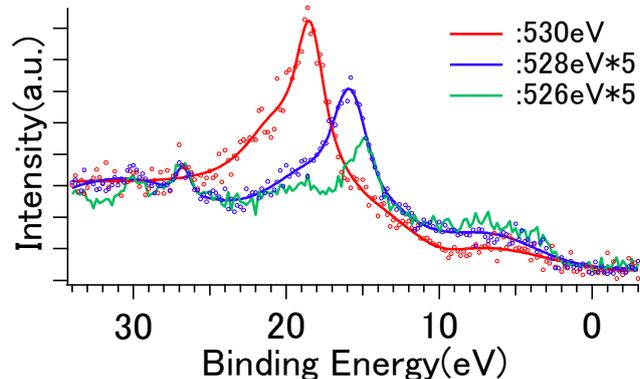


図2(c) P偏光 価電子帯共鳴光電子スペクトル

## 参考文献

- [1] K.B. Garg, N.L. Saini, C.A.E.N. Cedex, S. Durcok, U. De Paris-sud, and O. Cedex, 85, 447 (1993).
- [2] H. Nylén, M. Qvarford, G. Chiaia, O. Tjernberg, S. Söderholm, a. a. Zakharov, M. Leandersson, V.G. Nazin, M.B. Tsetlin, L. Lev, J.N. Andersen, R. Nyholm, I. Lindau, U.O. Karlsson, M.N. Mikheeva, and L. Leonyuk, Phys. C Supercond. 300, 161 (1998).

## 研究成果公開方法／産業への応用・展開について

- ・本研究成果はPhysical Review Bにて論文化する予定である。