

高分解能角度分解光電子分光を用いた Bi 系超伝導体における 酸素同位体効果の精密検証の現状と将来展望

産業技術総合研究所エレクトロニクス研究部門

相浦義弘

同位体効果に関する研究は従来型低温超伝導体において格子振動(フォノン)を媒介する電子対形成の検証に重要な役割を演じ、この超伝導のBCS理論に対する決定的な証拠を与えた。しかし、最高の超伝導転移温度(T_c)を示す最適ドープの高温超伝導体において、酸素同位体置換による T_c の変化(酸素同位体指数、 α)は、従来超伝導体から予測される値と比べて著しく小さい。このことより、初期の高温超伝導体の研究においてフォノンを媒介とする電子対形成機構の説明は困難と考えられた。

近年、酸素同位体置換を行った $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ を用いた我々のSTM/STS研究において、酸素同位体置換が格子振動周波数に及ぼす効果の予測値と同程度のボゾンモードエネルギーの低下が報告した(Jinho Lee *et al.*, *Nature* **442**, 546-550 (2006))。このことは、電子と結合するボゾンが格子振動であることを示唆している。高温超伝導体において格子振動が超伝導における電子対を媒介する可能性は、以前から角度分解光電子分光法(ARPES)の研究において提唱されてきた(A. Lanzara *et al.*, *Nature* **412**, 510 (2001))。しかし、その後のGweon等による酸素同位体に関するARPES研究は、高エネルギー側の幅広い構造の中に(酸素同位体置換が格子振動周波数に及ぼす効果の予測値より)「異常に」大きなエネルギースケールで現れると報告された(G.-H. Gweon *et al.*, *Nature* **430**, 187-190 (2004))。このARPESによる「異常な」酸素同位体効果の振る舞いは、上記のSTS/STMで示された結果と矛盾する。

多軸高精度試料マニピュレータを用いて試料方位を精密に制御した ARPES 研究を行った結果、報告されている「異常な」酸素同位体効果は観測できなかった(J. F. Fraser *et al.*, *Nature* **446**, E5 (2007))。更に、上記の多軸高精度試料マニピュレータを用いた精密試料位置制御技術と、バンド選択性、高運動量分解能、バルク敏感性と特徴を有する低エネルギー放射光を用いた角度分解光電子分光を融合させることにより、「正常な」エネルギースケールで酸素同位体置換により(ノード方向近傍の)キンク構造のシフトを観測することが出来た(Iwasawa *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **101**, 157005 (2008))。

本講演では、Bi 系超伝導体における酸素同位体効果の精密検証の現状に関して議論する共に、現在進めている低エネルギー放射光を用いた角度分解光電子分光による高温超伝導体の次元効果に関する将来計画に関して報告する予定である。