萌芽的研究課題 研究成果報告書

課題番号:2009A1654

利用ビームライン:BL27SU

軟 X 線放射光分光による芳香族多環縮合炭化水素超伝導体の電子状態の観測

＜背景＞

最近，芳香族多環縮合炭化水素ピセン（図１）にポタシウム(K)をドープする事で超伝導性を発現する事(T_c=7~20K)が発見された[1]。これは芳香族多環縮合炭化水素が超伝導になる最初の報告である。高い超伝導転移温度(T_c)を示す炭素系化合物超伝導体は高濃度ホウ素ドープダイヤモンド(T_c<10K)[2]，カルシウム挿入グラファイト CaC_6 (T_c=11.5K)[3]，アルカリ金属ドープフラーレン(T_c<40K)[4]で報告されている。これらの炭素系化合物超伝導体の結晶構造を比較すると，ピセンはグラファイトに近い構造を持つ分子結晶であり，2次元固体結晶グラファイトと分子結晶フラーレンの中間に位置する。それぞれの超伝導機構を理解する為に電子状態を比較すると，フラーレンは強相関的な電子状態が重要であり，グラファイトは電子同士の相関をあまり考慮しない電子状態で理解されているが，ピセンは純粋ピセンの電子状態でさえ明らかになっていないのでピセン超伝導機構についても理解できていない。その為，ピセン超伝導は強相関が重要なのか，重要ではないのかに非常に興味がもたれる。従って，ピセンの超伝導機構解明の為には，非ドープピセンの電子状態を明らかにする事は必須である。

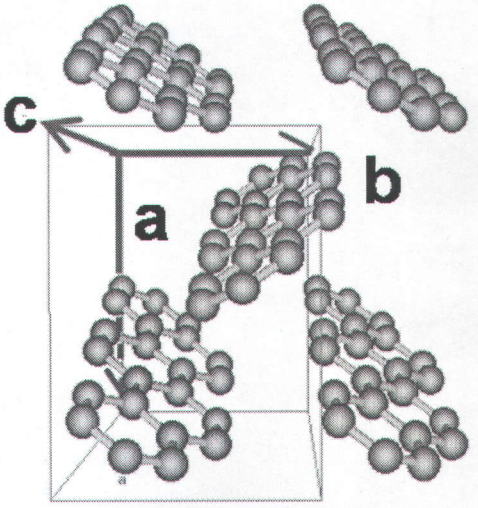

図1：ピセン($C_{22}H_{14}$)の結晶構造。

＜実験＞

我々はピセンの電子状態を実験的に解明する為に，純粋ピセン及び K ドープピセンの軟 X 線光電子分光及び発光分光測定を SPring-8 BL27SU で行った。試料は全て粉末をペレットにしたものである。ドープ試料は大気中で不安定な性質であるので，大気との接触をさける為に，カプトン膜で周りを取り囲んだ状態で真空槽に導入した。その後，清浄試料表面を得る為に超高真空中でカプトン膜を剥がす事で大気汚染されていない表面を得る。実験槽の真空度は 9×10^{-8} Pa 以下，光電子分光のエネルギー分解能は 300meV 以下の条件で実験を行った。実験は光電子分光では内殻電子準位(C 1*s*, K 2*p* 及び O 1*s*),と価電子帯の電子状態を測定し，発光分光では C-K 発光を測定した。

＜結果＞

光電子分光実験では，純粋ピセンはチャージアップしてしまい，純粋ピセンの電子

岡山大学大学院自然科学研究科博士後期課程２年　　岡崎宏之

状態を観測する事ができなかった。ドープ試料はチャージアップする事無く，K ドープピセンの内殻準位(C 1*s*, K 2*p* 等)及び価電子帯を観測し，ピセンの電子状態を初めて観測する事に成功した（図２）。また，酸素の内殻準位(O 1*s*)も観測された。価電子帯の光電子スペクトルではフェルミ準位に光電子強度は無く，分光学的には金属特性を示さなかった。ピセン超伝導体ではポタシウムの伝導電子がピセンにトランスファーされる事でピセンが伝導電子を持ち，超伝導体になる事が予想されているが，ピセン内に入り込んでいる酸素がポタシウムの伝導電子をトラップしている為にピセンが金属になっていない事が予想される。ピセン超伝導体の超伝導体積分率が低いのは酸素による影響が大きいと考えられる。本実験により，今後の試料作成向上の指針になる結果が得られた。その後の試料合成では，以前のピセン超伝導体の超伝導体積分率を大きく上回る試料が作製されている。

発光分光実験では，純粋ピセン及び K ドープピセン共に発光強度が弱く，発光スペクトルに変化が見られなかった。K ドープによる電子状態変化はほとんど無いか，強度が弱くて変化が分からなかった，またはドープされたポタシウムが酸化された為に電子状態変化が無かった事が予想される。上記の経緯を推察するとおそらく後者による事が考えられる。

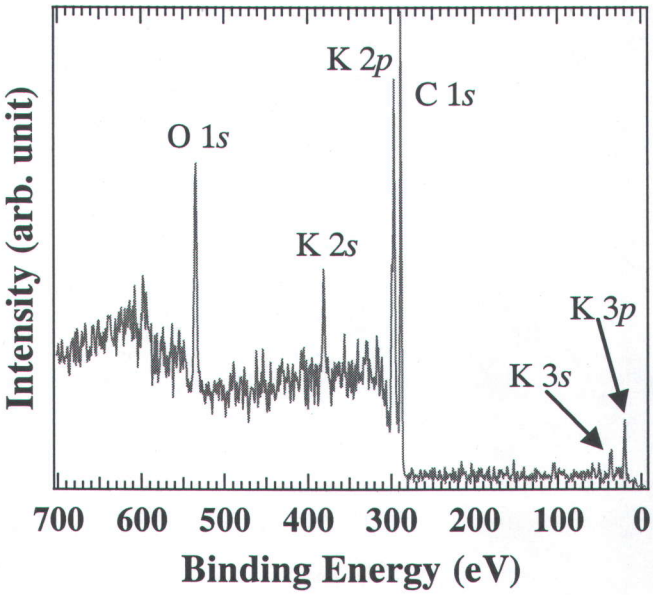

図2：Kドープピセンの光電子分光スペクトル。

＜参考文献＞
[1] 日本物理学会 2009 年秋季大会, 28aYD-2.
[2] Y. Takano *et al*., Diamond Relat. Mater. **16**, 911 (2007).
[3] T. E. Weller *et al*., Nature Physics. **1**, 39 (2005).
[4] O. Gunnarson *et al*., Rev. Mod. Phys. **69**, 575 (1997).

＜主な研究業績＞

「光電子分光による芳香族多環縮合炭化水素ピセンの電子状態」

日本物理学会 2009 年秋季大会, 28aYD-3，熊本大学, 2009 年 9 月 28 日

岡山大学大学院自然科学研究科博士後期課程 2 年　　岡崎宏之