

蛍光 X 線ホログラフィーによる局所構造解析を利用した 鉄系超伝導体の物質開発

岡大基礎研, 広島市大院情報^A, 岡大自然科学セ^B, 広島工大院工^C,
名工大院工^D, 熊本大院先端^E

工藤一貴, 井岡賢志, 八方直久^A, 太田弘道^B, 戎佳宏^C, 木村耕治^D, 細川伸也^E,
林好一^D, 野原実

鉄系超伝導体は、銅酸化物超伝導体と同様、層状構造を持ち、超伝導層である FeAs 2 次元面とそれを隔てるスペーサー層の交互積層から成る。蛍石型酸化物、アルカリ金属イオン、アルカリ土類金属イオン等、様々なスペーサー層が存在し、結晶構造は多彩である。この化合物の化学修飾に対する許容性は高く、ほとんどの系において全サイトへの化学ドーピングが可能である。私たちは、このように物質開発の自由度が高い鉄系超伝導体において新超伝導体の開発を行い、その知見を利用して関連物質の超伝導体探索を進めている[1]。私たちのアプローチは主として化学の知見に基づいた物質設計によるものであるが、最近、新たなアプローチの方法として蛍光 X 線ホログラフィーによる局所構造解析[2]を取り入れた。これにより、高温超伝導を誘起する局所構造を直接観察し、物質開発にフィードバックをかけるつもりである。

契機となった化合物は、希土類元素をドーピングした ThCr_2Si_2 型 CaFe_2As_2 である。この鉄系超伝導体では 40 K を超える高い超伝導転移温度 T_c が報告されているが、超伝導体積分率は数%にとどまる[3,4]。つまり、その超伝導はバルクではない[3,4]。私たちが注目したのは、 ThCr_2Si_2 型の中で最も高い 49 K の T_c が報告されている $\text{Ca}_{1-x}\text{Pr}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ [3] である。その化合物では STM/STS が行われており、ドーパントである Pr 原子の周りでのみ超伝導ギャップが観測されている[5]。私たちは、Pr の周りでのみ高温超伝導を発現する原因を明らかにするため、SPring-8 の BL13XU で蛍光 X 線ホログラフィーの実験を室温で行い、Ca 周り と Pr 周りの局所構造を調べた。その結果、母物質の元素である Ca の周りでは構造の乱れが極めて多く、一方、ドーパントである Pr の周りでは寧ろ構造の乱れが少ないことを見出した[6]。一般に、希土類以外の元素をドーピングした CaFe_2As_2 の T_c は 10–15 K 程度であり、他の ThCr_2Si_2 型鉄系超伝導体と比べて著しく低い。このことは、Ca 周りの構造に乱れが多いことと矛盾しない。希土類元素のドーピングによって生じる T_c は、化学ドーピングした CaFe_2As_2 の中で特異的に高いと言える。希土類元素には、 CaFe_2As_2 の構造乱れを低減し、超伝導性を高める効果があるのかもしれない。

[1] 工藤一貴, 野原実, FSST NEWS **150**, 17 (2016).

[2] K. Hayashi *et al.*, J. Phys.: Condens. Matter **24**, 093201 (2012).

[3] B. Lv *et al.*, PNAS **108**, 15705 (2011). [4] S. R. Saha *et al.*, Phys. Rev. B **85**, 024525 (2012).

[5] K. Gofryk *et al.*, Phys. Rev. Lett. **112**, 047005 (2014).

[6] K. Kudo *et al.*, in preparation.