

鉄系超伝導体における結晶構造・磁性と超伝導の関係

-圧力下で得られた新たな知見-

小林賢介、佐賀山基、熊井玲児、村上洋一：KEK 物構研 PF/CMRC
山浦淳一、真木祥千子、松石聡：東工大元素セ、高橋博樹：日大文理
飯村壮史、細野秀雄：東工大フロンティア材料

鉄系超伝導体は、銅酸化物と並ぶ 2 大高温超伝導体ファミリーであり、中でも、LaFeAsO は、鉄系で初めて発見された高温超伝導体である。超伝導転移点(T_c)を上げる方法は 2 通りある。酸素サイトを水素やフッ素で置換し電子ドーピングした状態の物質 LaFeAsO $_{1-x}$ H(F) $_x$ ($x = 0.2$)では $T_c = 18$ K であるが、ここから La を Sm へ置換すると 55 K まで上昇する。また、La サイトはそのままに 6 GPa (約 6 万気圧)の高圧下で 52 K まで T_c が上昇する[1]。これらは、鉄系超伝導体でのバルク体最高クラスの T_c である。そこで我々は、後者の大きな圧力効果の起源を探るために、フォトンファクトリーにおいて放射光 X 線を用いた圧力下回折実験を行った[2]。

図 1(a)に LaFeAsO $_{1-x}$ H $_x$ の圧力下結晶構造解析の結果を示す。構造パラメータは、 T_c との関連が深いとされる鉄四面体の Fe-As 結合長と As-Fe-As 結合角を示し、それらに対する T_c は、カラーマップで表され赤色ほど転移点が高い。この結果から、従来考えられていた鉄四面体が正四面体、もしくは、鉄面からの砒素原子高さが 1.38 Å に近いほど T_c が高いという傾向が成立しないことがわかる。この T_c 上昇則は、スピン密度波を起源とする理論でうまく説明されており、圧力下での性質が同起源では説明できないことを示している。図 1(b)は母相への圧力効果である。第二母相は圧力敏感で 1.5 GPa で消失するのに対し、第一母相は高圧まで存在している [2]。これは、両母相の起源が異なるとともに、圧力敏感な第二母相が高い超伝導の起源であることを示唆している。母相は、超伝導をもたらす相互作用が秩序状態となって目に見える形で現れたものであり、超伝導電子対の形成は、そのゆらぎを起源としている。最近の研究で、

第一母相はスピン密度波、第二母相は強い電子相関が秩序化の原因として考えられており、今回の結果はそれを裏付けるものとなった。従来、鉄系超伝導では、前者の起源が重要とされ、後者の起源に関する議論は少なかった。そのため、本研究が契機となって理解が深まり、新たな物質設計指針が得られることが期待される。

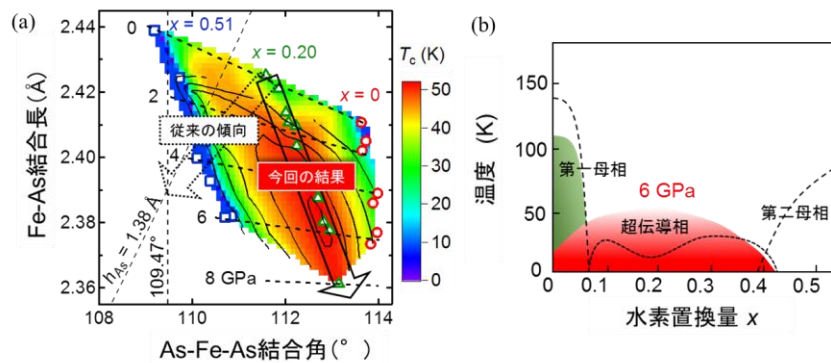


図 1. (a) LaFeAsO $_{1-x}$ H $_x$ における構造パラメータと T_c , (b)常圧下(点線)と圧力下 6 GPa における第一、第二母相、超伝導相

参考文献

- [1] H. Takahashi et al., Sci. Rep. **5**, 7829 (2015).
- [2] K. Kobayashi et al., Sci. Rep. **6**, 39646 (2016).