

高圧技術の進歩と普及により、磁性や超伝導など圧力効果の大きな物質に対する圧力効果の研究が盛んに行われている。我々のグループでは、銅酸化物超伝導体や鉄系超伝導体などの高温超伝導体に着目し、圧力効果を利用した物性解明や、圧力誘起超伝導による超伝導物質探索を行ってきた。本講演では、初めて高圧下で超伝導を示すことが示された梯子型鉄化合物 BaFe_2S_3 および周辺物質について、最近の成果について報告したい。

超伝導の研究では超伝導転移温度(T_c)に注目が集まる事が多い。銅酸化物超伝導体の出現で T_c は従前の BCS 型金属超伝導の枠を大きく超え、圧力下で 150K を超える超伝導体が報告された[1]。これらの高温超伝導に関連して、銅の 1 次元的なはしご型構造を基本構造としたはしご型銅酸化物が理論的に超伝導を示すことが予想され注目された。いくつかのはしご型銅酸化物が提案されたが、結局、我々のグループと元青山学院大の秋光グループの共同研究による $(\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x)_{13}\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$ が圧力下で超伝導を示すことが発見され[2]、銅酸化物超伝導研究に大きく貢献した

一方、2008 年には鉄系超伝導体 $\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$ ($x=0.11$) ($T_c=26\text{K}$) が発見され、申請者のグループは発見者の東工大細野グループらと共同でいち早く圧力効果を測定し、 T_c が高圧下で 26 K から 43 K まで上昇し、銅酸化物に次ぐ T_c を持つ高温超伝導体であることを発見し、活発な研究活動の端緒を開いた[3]。鉄系超伝導体は、鉄の正方格子面を基本構造とし、軌道、磁性、電荷のゆらぎなどが発現機構として提案されているが、発現機構の統一的な理解にはまだ至っていない。超伝導発現に関連するフェルミ面や磁性、電子間相互作用は、基本構造の次元性に強く依存することから、正方格子とは異なる空間次元をもつ物質からのアプローチが非常に有用であり、銅酸化物系と同様に異なる次元性での超伝導発現が期待された。

我々のグループでは、東北大の大串グループと共同で一次元的なはしご型格子を持つ鉄系化合物に着目して物質開発を行った。鉄系超伝導体では、その母相の反強磁性相が 1111, 122, 111, 11 型ではストライプ型、245 型ではブロック型をとることが知られていた。梯子型鉄化合物でも両タイプの反強磁性相が報告され、このような類似性から超伝導発現が期待された。そこで、ストライプ型反強磁性モット絶縁体である BaFe_2S_3 に対し、高圧下電気抵抗測定により金属化を試みたところ、約 11 GPa で金属絶縁体転移を示し、同時に超伝導を示すことを発見することができた[4]。 BaFe_2S_3 の結晶構造を図 1 に T - P 相図を図 2 に示す。反強磁性相が圧力で抑制され、17K を最大とする超伝導が示された。低温高圧下で X 線回折実験を行い、構造転移がないこと、およびラダー面間が圧縮されやすいことを確認している。ブロック型反強磁性モット絶縁体である BaFe_2Se_3 に元素ドーピングを行った $\text{Ba}_{1-x}\text{Cs}_x\text{Fe}_2\text{Se}_3$ についても、金属化する圧力まで電気抵抗測定を行ったが、超伝導は観測できなかった[5]。し

かし、2017年にアメリカのグループから BaFe_2Se_3 の圧力誘起超伝導が報告され[6]、その後、我々のグループでも BaFe_2Se_3 の圧力誘起超伝導を確認している。詳細は当日報告する予定である。

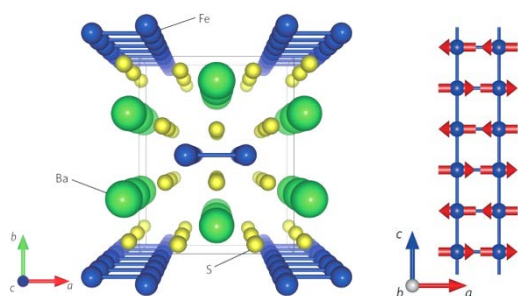


図1 BaFe_2Se_3 の結晶構造と反強磁性相のはしご部分の磁気モーメント配列

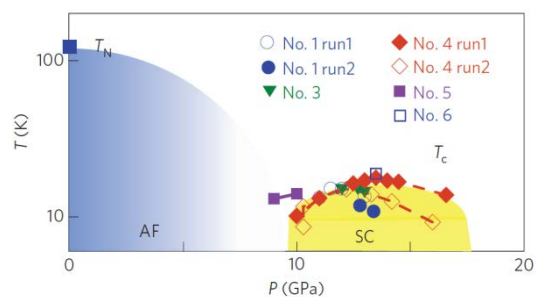


図2 BaFe_2Se_3 の T - P 相図

- [1] H.Takahashi and N.Môri, “Recent progress in high-pressure investigation for high- T_c superconductor”, *Studies of High Temperature Superconductors Vol. 16*, (Nova Science Publishers Inc. 1996) P.1-64.
- [2] M.Uehara, H.Takahashi et al., “Superconductivity in the spin ladder system $\text{Sr}_{0.4}\text{Ca}_{13.6}\text{Cu}_{24}\text{O}_{41.84}$ ”, *J. Phys. Soc. Jpn.* **65** (1996) 2764.
- [3] H.Takahashi et al., “Superconductivity at 43 K in an iron-based layered compound $\text{LaO}_{1-x}\text{F}_x\text{FeAs}$ ”, *Nature*, **453** (2008) 376.
- [4] H.Takahashi et al., “Pressure-induced superconductivity in the iron-based ladder material BaFe_2S_3 ”, *Nat. Mater.* **14** (2015) 1008.
- [5] T. Hawaii et al., “Pressure-Induced Metallization in Iron-Based Ladder Compounds $\text{Ba}_{1-x}\text{Cs}_x\text{Fe}_2\text{Se}_3$ ”, *J. Phys. Soc. Jpn.* **86** (2017) 024701.
- [6] Jianjun Ying et al., “Interplay of magnetism and superconductivity in the compressed Fe-ladder compound BaFe_2Se_3 ”, *Phys. Rev.* **B95** (2017) 241109(R).