

鉄系物質 SrFe_2As_2 単結晶において高温超伝導の圧力誘起に成功

東工大、細野グループによる $\text{LaFeAs}(\text{O}_{1-x}\text{F}_x)$ における転移温度 $T_c = 26 \text{ K}$ の超伝導の発見以来、多くの関連物質が合成され、現在その転移温度は $\text{SmFeAs}(\text{O}_{1-x}\text{F}_x)$ などでも 55 K にまで上昇している。今や銅酸化物高温超伝導体に次ぐ高い T_c を示す系となったが、その高い転移温度がどのような機構によって実現しているのかは明らかになっていない。現在のところ、その解明に向けて注目されているのが磁性と超伝導の関係である。 F をドーピングしない母物質 LaFeAsO は低温で反強磁性転移を示し、 F をドーピングすることによって反強磁性秩序が抑制され超伝導が出現する。このため、電子間の磁気的な相関が超伝導の発現に大きく影響していると考えられ、その関係の詳細に興味を持たれている。しかしながら、多くの鉄系超伝導体は F などの他元素の化学的な置換や酸素欠損によって超伝導を誘起させるため、試料にランダムネスが生じてしまうという問題点があった。一般的にランダムネスは測定量に複雑な影響を与えるため、測定データから物性の本質を見抜くことが困難になる。

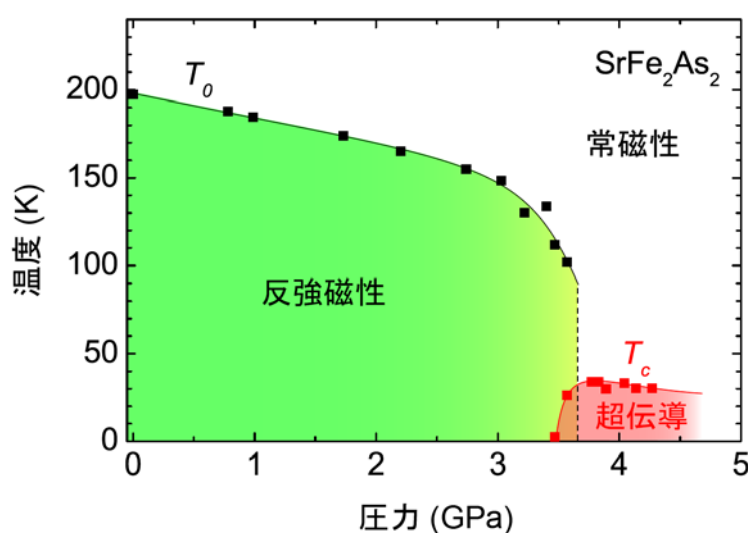


図 1 : SrFe_2As_2 の温度-圧力相図。
反強磁性相は約 3.7 GPa で消失し、ほぼ同時に 34 K の転移温度を持つ超伝導が出現する。 T_c はゼロ抵抗を示す温度である。

最近、神戸大学の小手川恒氏、藤秀樹氏と徳島大学の菅原仁氏は鉄系物質 SrFe_2As_2 の単結晶試料を用いて、化学的な置換を行わず圧力によって $T_c = 34 \text{ K}$ の高い転移温度をもつ超伝導を誘起することに成功した。化学置換に比べてランダムネスが少ないという点と、同一の試料において圧力に依存する物性を高精度に制御できるという点でメリットがあり、詳細な温度-圧力の相図を作成することに成功した。 SrFe_2As_2 は図 1 で示されるように T_0 と記された温度以下で常磁性状態から反強磁性状態に転移するが、反強磁性相はおよそ 3.7 GPa (1 GPa は 1 万気圧) で消失し、ほぼ同時に超伝導が出現することが明らかになった。この研究は、日本物理学会発行の学術誌 *Journal of the Physical Society of Japan (JPSJ)* の 2009 年 1 月号に掲載される。

本研究では圧力下でのランダムネスを軽減させるために、単結晶試料を用いて電気抵抗測定を行っている。図 2 に圧力下における電気抵抗率の温度依存性を示す。 T_0 における常

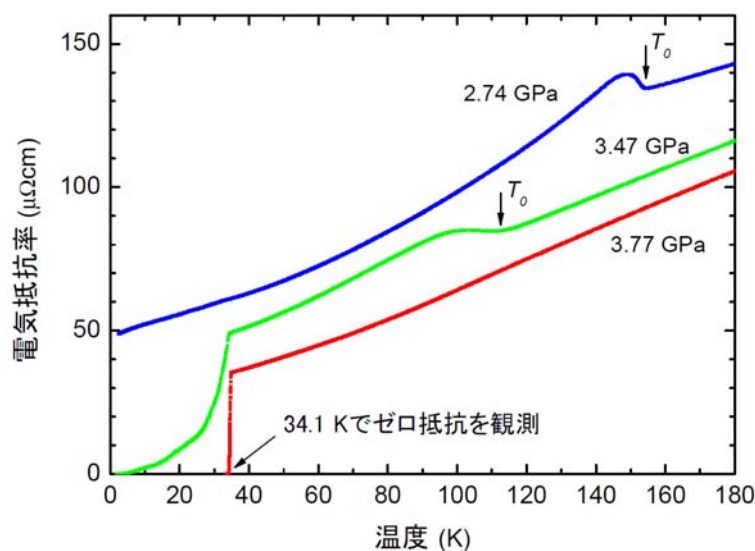


図2：圧力下における SrFe₂As₂ の電気抵抗率の温度依存性。3.77 GPa では T_0 における反強磁性転移が消失し、ゼロ抵抗が 34.1 K 以下で実現する。

磁性状態から反強磁性状態への転移は、3.47 GPa の高圧でも明確に見てとれる。3.77 GPa ではその転移は見えなくなり、反強磁性相が消失したと考えられる。超伝導については、3.47 GPa 下での 35 K における電気抵抗率の折れ曲りが超伝導の出現に対応するが、ゼロ抵抗になるまでの転移幅は非常にブロードである。反強磁性が消失した 3.77 GPa では超伝導の転移幅が 1 K 以下という非常にシャープな超伝導転移が観測される。この結果から反強磁性状態では超伝導が起こりにくいことが分かる。また、超伝導転移温度は反強磁性が消失する（臨界）圧力 3.7 GPa 付近で最高値を示すため、反強磁性の不安定性に伴う磁気揺らぎが超伝導の発現機構に寄与している可能性がある。

本研究により、化学置換ではなく、単結晶へ印加した圧力によって磁性と超伝導の関係を議論できる相図が得られた。そのことの意義は大きく、多くの研究者の注目を集めている。今後、より詳細に臨界圧力近傍の性質を調べることで鉄系超伝導体の磁性と超伝導の関係が明らかになっていくものと期待される。

論文掲載誌： J. Phys. Soc. Jpn. 78 (2009) No. 1, p.013709

電子版： <http://jpsj.ipap.jp/link?JPSJ/78/013709/>

<情報提供：小手川恒（神戸大学）>