

最もシンプルな鉄系超伝導体において初めて超伝導相の全体像が明らかに -FeSe_{0.5}Te_{0.5}における圧力誘起超伝導-金属転移-

東工大、細野グループによる LaFeAs(O_{1-x}F_x)における高温超伝導の発見以来、多くの関連物質が合成され、現在その転移温度 T_c は SmFeAs(O_{1-x}F_x)などで 55K まで達している。鉄系超伝導体は銅酸化物超伝導体に次ぐ高い T_c を示す系となり、その超伝導メカニズムが注目されてきた。メカニズムを解明するには様々な手法があるが、よりシンプルな構造をもつ物質で研究を行うことにより、問題をより明確かつ単純化できると期待される。鉄系超伝導体では FeSe 系と呼ばれる物質群が最もシンプルな結晶構造を持つ。図 1-a に示すようにその結晶構造は Fe と Se が 2 次元的なネットワークを組んで、それが積層しただけの非常に単純な構造である(RFeAsO 系では各 FeSe 層の間に RO 層が挟まれる ; R=La, Sm など)。また、FeSe 系は鉄系超伝導体の中で最も圧力に敏感に反応し、 T_c が圧力に対して劇的に変化することがわかっており、このことから、『より高い T_c をもつ物質の開発』や『超伝導メカニズム (特に構造と超伝導との関係) を解明』する候補物質として注目されはじめている。しかし、FeSe は純良な試料を作成することが難しい点や、圧力を印加することにより結晶構造自体が変化してしまう点、さらに、超伝導現象で最も重要である電気抵抗が完全にゼロになることをこれまでの高圧下の実験で観測できていないという問題点があった。

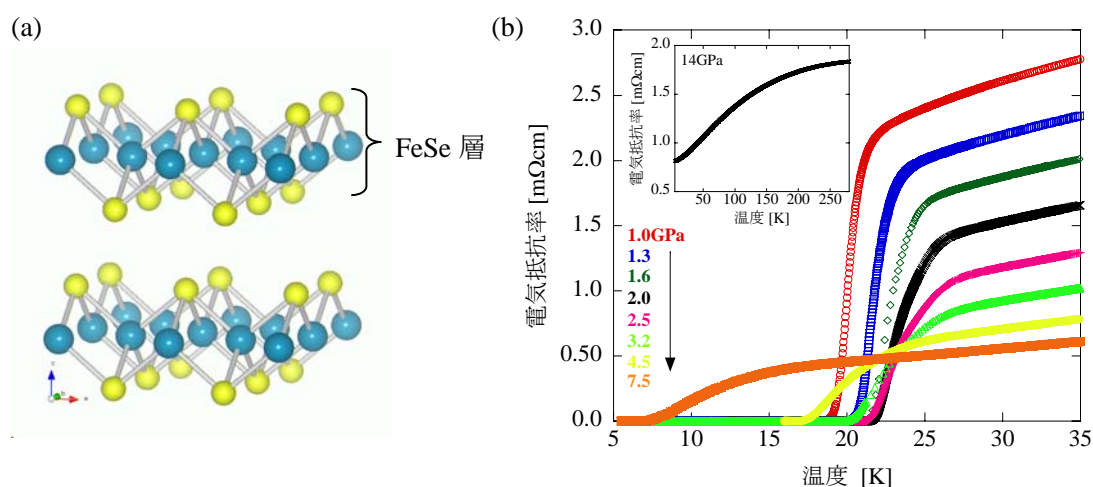


図 1 : (a)FeSe の結晶構造。超伝導を担う FeSe 層が積層した最も単純な構造をもつ。(b)圧力下における FeSe_{0.5}Te_{0.5} の電気抵抗率の温度依存性。圧力 $P=2\text{GPa}$ において超伝導転移温度 T_c が 26K まで上昇する。挿入図は $P=14\text{GPa}$ における金属相。

最近、東北大 WPI 機構の山田和芳氏の研究グループと産総研の李哲虎氏、竹下直氏は鉄系超伝導体 FeSe の Se を Te で 50%置き換えた FeSe_{0.5}Te_{0.5}を用いることにより結晶構造変化を抑え、FeSe 系で初めて圧力印加により超伝導相から金属相への全体像を明らかにした。さらに、キュービクアンビルによる測定により圧力をより高精度に制御し、ゼロ抵抗が確認できるデータを得ることに成功した。この研究成果は、日本物理学会が発行する英文

誌 Journal of the Physical Society of Japan (JPSJ)の 2009 年 6 月号に掲載される。

本研究で得られた圧力下における電気抵抗率の温度依存性を図 1-b に示す。圧力印加に伴い T_c は上昇し、 $P=2\text{GPa}$ において T_c (より正確には高温から温度を下げてきたとき電気抵抗が急激に減少し始める温度 T_c^{onset}) が 26K の超伝導体であることが分り、また、バルクな超伝導が発現し、ゼロ抵抗を示し始める温度 T_c^{offset} も 21.5K と観測され、現在のところ最も高い T_c^{offset} が実現している。 T_c^{offset} は 10GPa 程度で消失し、 14GPa では金属的な振舞いが観測されるが、超伝導の転移幅($=T_c^{\text{onset}} - T_c^{\text{offset}}$)が一定に推移することから、圧力印加に伴う構造転移を抑えていることが分かる。この結果を FeSe における圧力-温度相図と比較した図 2 から、FeSe と $\text{FeSe}_{0.5}\text{Te}_{0.5}$ の T_c はドーム型の実線に非常に良い一致を示すことが分かった。このことから、今回の $\text{FeSe}_{0.5}\text{Te}_{0.5}$ の結果は、FeSe で明らかにされてこなかった高圧力側の振舞いを上手く補完しており、最もシンプルな鉄系超伝導体において初めて超伝導相の全体像が明らかにされた。

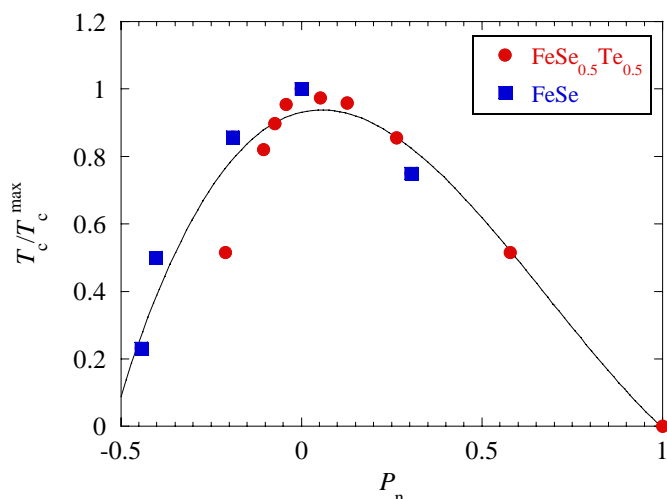


図 2 : $\text{FeSe}_{0.5}\text{Te}_{0.5}$ および FeSe の圧力-温度相図。規格化した圧力 P_n は 0 および 1 でそれぞれ T_c ($\text{FeSe}_{0.5}\text{Te}_{0.5}$ については T_c^{offset}) が最大値をとる圧力と消失する圧力に対応する。

本研究は、最もシンプルな構造をもつ鉄系超伝導物質系で超伝導相の全体像を明らかにし、かつ超伝導の前駆状態を知る上で重要である金属相までを高圧下でカバーするなど、FeSe 系で系統的な研究ができる場を初めて提供したものとして多くの研究者から注目を集めている。今後、銅酸化物超伝導体と鉄系超伝導体の金属相の相違点や超伝導転移温度と様々なパラメータとの関係を系統的に調べることで鉄系超伝導体の発現メカニズムが明らかになっていくものと大いに期待される。

論文掲載誌 : J. Phys. Soc. Jpn. **78** (2009) No.6, p. 063705

電子版 : <http://jpsj.ipap.jp/link?JPSJ/78/063705> (6 月 10 日公開予定)

<情報提供: 堀金和正 (東北大 WPI 機構) >