

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名：鉄ニクタイト系化合物の高圧下における物性測定
2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）：

研究代表者

高橋博樹（日本大学文理学部 教授）

3. 研究実施概要

本研究課題では、低温高圧下での基本物性を調べることにより、超伝導メカニズム解明による「新概念」創製、すなわち基礎科学発展に寄与することを第一の目標とし、 T_c の圧力効果から「新超伝導物質」合成の指針を得ることを第二の目標とした。具体的には、「1111系」($\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{Fx}$, $\text{SmFeAsO}_{1-x}\text{Fx}$)、「122系」($\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$)、「11系」($\text{Fe}(\text{Se}_{1-x}\text{Tex})$, $\text{Fe}(\text{Se}_{1-x}\text{Sx})$) 鉄系超伝導体を研究対象とし、高圧下での電気抵抗、磁化率測定および X 線回折測定を行うことで、鉄系超伝導における電子状態、磁性、および結晶構造の関係について考察を進めた。その結果、1111系 $\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{Fx}$ に関して、アンダードープからオーバードープ領域まで T_c の圧力効果の測定において最高値が 40 K を超え、ノンドープで圧力誘起超伝導を示す結果を得られた。また、同じ 1111 系である $\text{CaFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{AsF}$ の T_c の圧力効果からは、非超伝導体 CaFeAsF が高圧下で最も高い T_c を示すことを見出した。

4. 事後評価結果

4-1. 研究の達成状況及び得られた研究成果

本研究課題では次のような成果が得られた。

①1111系超伝導体 $\text{Ca}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)\text{AsF}$, CaFeAsH の圧力効果

$\text{CaFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{AsF}$ は Co 置換によって T_c が上昇するが、 T_c の圧力効果からは、 CaFeAsF が高圧下で最も高い T_c を示すことがわかった。Co 置換により FeAs 層に生じる disorder により T_c の上昇が抑制されると考えられる。高い T_c を得るためには CaF 層への元素置換によるキャリアドープが有効であることが示唆された。

②11系 $\text{Fe}(\text{Se}_{1-x}\text{Tex})$, $\text{Fe}(\text{Se}_{1-x}\text{Sx})$ の圧力効果

$\text{Fe}(\text{Se}_{1-x}\text{Tex})$ の T_c は $x=0.5$ で最も高い値を示すが、圧力下では $x=0$ が最も高い T_c を示す。 FeTe は圧力下で構造相転移を示し、20GPa まで超伝導を示さない。また $\text{Fe}(\text{Se}_{1-x}\text{Sx})$ の T_c は圧力下で一旦減少してから上昇する。これを高圧下での構造変化とともに考察した。

③122系電子ドープ $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ の圧力効果

Sr サイトへのホールドープ超伝導体である $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ の T_c の圧力効果の測定を行った。 T_c は圧力で減少し 4GPa 程度で消失する。同じ圧力領域で高圧 X 線測定から tetragonal-collapsed tetragonal 転移が観測され、超伝導を抑制していると思われる。他の 122 系との比較をおこなった。

4-2. 総合的評価

低温高圧下での基本物性を調べることを通じて、超伝導メカニズムの解明とそれに基づく「新概念」の創製、および「新超伝導物質」合成の指針の獲得に貢献するという目標を掲げている。これまでの最も大切な成果は、 T_c の圧力依存性が、系やドーピングレベルによって大小、正負様々に変化する（圧力誘起超伝導を含む）という多様さの発見である。自他グループによる構造解析、電気抵抗、磁化、NMR の測定結果と合わせた電子状態解析を行って、その多様さのメカニズムを探っている。多数の系にわたる測定の結果、77K 以上に達するような T_c の大幅な上昇の可能性は、圧力付与状態でも非常に低いことが明らかになった。残念な結果ではあるが、大切な知見である。

T_c の圧力変化の測定結果を、電子状態のダイナミクスや構造の精細な圧力依存性と比較することにより理解が深まると期待されるが、このことについての追求が不十分である。また、圧力効果の異方性の解明も望まれ、これに向けた測定技術の革新を期待したい。