

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名：鉄ニクタイト系高温超伝導体の磁気共鳴法による超伝導発現機構の解明

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

小堀 洋（千葉大学 教授）

主たる共同研究者

竹下 直（(独) 産業技術総合研究所 主任研究員）

渡邊 功雄（(独) 理化学研究所 専任研究員）

太田 幸則（千葉大学 教授）

3. 研究実施概要

本研究課題では、 BaFe_2As_2 及びホールドーブ系 $(\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x)\text{Fe}_2\text{As}_2$ ($0 \leq x \leq 1$) に主眼を置き、単結晶の育成と物性評価を行いつつ、研究を進めてきた。この系は多結晶試料の結果が報告されていたが、アルカリ金属の取扱いが困難なため、**K** 高濃度側で良質な単結晶が得られていなかった。そこで、**(K-As)** 系の自己フラックスを用いることにより、 $(\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x)\text{Fe}_2\text{As}_2$ の良質な単試料を全領域にわたり作製することに成功した。また、 $(\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x)\text{Fe}_2\text{As}_2$ の超伝導相において、他端の $(\text{KFe}_2\text{As}_2)$ が超伝導ギャップに線状のノードを持つ大きなギャップと非常に小さなギャップから構成されるマルチギャップ超伝導体であることを核スピン格子緩和率 $1/T_1$ (NMR) と比熱測定から指摘した。さらにホールドーブ系の $(\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x)\text{Fe}_2\text{As}_2$ の常伝導状態において、 $1/T_1$ の大きな異方性が確認され、これによりストライブ型の反強磁性スピン揺らぎの存在が示唆された。さらにホールドーブに伴うフェルミ面の構造の変化、特にフェルミ面の電子ポケットの消失を反映するギャップ的な温度変化が観測された。 BaFe_2As_2 における圧力誘起超伝導について、キュービックアンビル装置を用いて 15 GPa、ブリッジマンアンビルセルで 8 GPa まで調べた。静水圧性が高い場合は 10 GPa 以上の圧力で発生し、僅かな異方性圧力の存在により直ぐに 3 GPa まで出現が低下することが分かった。 Ba122 系において、構造/磁気相転移は圧力の静水圧性に極めて敏感であることを明らかにした。

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。

①超伝導エネルギーギャップ構造について

$(\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x)\text{Fe}_2\text{As}_2$ の超伝導相の端 $x = 1$ (KFe_2As_2) が、超伝導ギャップに線状のノードが存在する大きなギャップと非常に小さなギャップから構成されるマルチギャップ超伝導体であることを示した。

②反強磁性スピンの揺らぎについて

ホールドーブ系の $(\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x)\text{Fe}_2\text{As}_2$ の常伝導状態で、 $1/T_1$ はストライブ型の反強磁性スピン揺らぎの存在を示す。また、ホールドーブに伴うフェルミ面の構造の変化、特にフェルミ面の電子ポケットの消失を反映するギャップ的な温度変化が観測される。

③ BaFe_2As_2 における圧力誘起超伝導

BaFe_2As_2 における圧力誘起超伝導相が、静水圧性が高い場合は 10 GPa 以上の圧力で発生し、僅かの圧力の異方性の存在により直ぐに 3 GPa まで出現が低下する。 BaFe_2As_2 の構造/磁気相転移が、圧

力の静水圧性に異常に敏感な事を反映するためである。

4-2. 総合的評価

高品質の単結晶試料についての実験をめざし、産総研の永崎グループと密接な連携をとった。良質の単結晶を用いる実験に腐心したことにより、 $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ について超伝導ギャップの性質の詳細な情報を得ることができ、種々の物理量 ($1/T_1T$ 、磁場侵入長) の異方性の情報が得られた。高圧実験での静水圧性からのズレに対する敏感性の発見も、良質の単結晶試料を用いたことが重要であった。(なお、高圧化での静水圧性に関する同様の現象は、 SrFe_2As_2 について、高野グループの小手川氏らによっても見出されている。) 研究対象を 122 系 $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ に絞ったことも、まとまった成果を挙げるのに有効であった。しかし、鉄系超伝導体の本質を明らかにするためには何を解明しなければならないかについてのより明確な問題意識があれば、成果がさらに鮮明になったのではないかと思われる。