

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名：遷移金属ニクタイト系超伝導体の開発と物性研究

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

宮坂 茂樹（大阪大学 准教授）

主たる共同研究者

萩原 政幸（大阪大学 教授）

椋田 秀和（大阪大学 准教授）

3. 研究実施概要

本研究課題では、Fe ニクタイト超伝導体の様々な物質系を研究対象として、物質開発、輸送現象、分光研究、核磁気共鳴、強磁場物性の多角的な実験手法を用いて、本物質系の超伝導発現機構の解明と、その超伝導の特性を明らかにすることを旨として研究を実施した。具体的には、超伝導転移温度 (T_c) を決めるファクターの探索、超伝導のクーパー対とギャップの対称性、常伝導状態の電子状態の特徴評価、非破壊型パルスマグネットを用いた鉄系超伝導体の強磁場中電気抵抗の測定による上部臨界磁場 (H_{c2}) およびその異方性の評価などを行った。その結果として、LaFeAsO1111系、BaK122系、ペロフスカイトブロック層をもつ鉄系超伝導体($\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{O}_{6-y}\text{Fe}_2\text{As}_2$)はフルギャップを持つこと明らかにした。また、 $\text{RFeP}_{1-x}\text{As}_x\text{O}_{1-y}\text{F}_y$ の1111P/As固溶系においては、反強磁性の相関が強ければ高い T_c が観測されるわけではないことを示した。さらには、鉄系超伝導体11系 $\text{Fe}_{1.05}\text{Te}_{0.85}\text{Se}_{0.15}$ ($T_c \sim 14\text{K}$)、122系 $\text{SrFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ ($x=0.35$) ($T_c \sim 30\text{K}$)、1111系 PrFeAsO_{1-y} ($y=0.15$, $T_c = 44\text{K}$) および LaFeAsO_{1-y} ($y=0.11$, $T_c = 28\text{K}$) の H_{c2} とその異方性との関連について明らかにしたなどの成果を得た。

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。

①1111P/As固溶系における超伝導転移温度と反強磁性ゆらぎ、電子構造の関係

1111P/As固溶系における超伝導転移温度と反強磁性ゆらぎ、電子構造の関係については、1111P/As固溶系 $\text{RFeP}_{1-x}\text{As}_x\text{O}_{1-y}\text{F}_y$ ($\text{R}=\text{La}, \text{Pr}, \text{Nd}$)の電気抵抗率、ホール係数の測定から、本系の T_c が反強磁性ゆらぎの強さだけで決まるわけではなく、フェルミ面の形状とそれに付随したネスティングが k 空間内のどこで生じているかにも依存していることを明らかにした。

②鉄系超伝導体の超伝導ギャップ構造の解明と超伝導発現機構と磁性ゆらぎの関係

鉄系超伝導体の超伝導ギャップ構造の解明と超伝導発現機構と磁性ゆらぎの関係については、BaK122系がフルギャップ超伝導体であることを核磁気共鳴の手法により明らかにした。また、1111系、122系、ペロフスカイトブロック層をもつ鉄系物質のNMR緩和率の測定を通して、反強磁性揺らぎが必ずしも超伝導転移温度の上昇に関係してないことを示した。

③11系鉄系超伝導体の上部臨界磁場の決定

11系鉄系超伝導体の上部臨界磁場の決定については、50テスラ級非破壊型パルスマグネットを用いた強磁場中電気抵抗測定により、11系鉄系超伝導体の低温までの H_{c2} を調べたところ、この系の支配的なPair-breakingが常磁性対破壊効果であり、低温で H_{c2} の異方性が小さくなることを明らかにした。

4-2. 総合的評価

本研究課題では、Fe ニクタイト超伝導体の超伝導機構解明のために多角的な実験的アプローチを行い、BaK122 系、La1111 系、ペロブスカイトブロック層を持つ系では超伝導状態はフルギャップ状態であること、SrFe₂(As_{1-x}P_x)₂ ではノード構造を持っており超伝導状態のギャップ構造に大きな物質依存性があることなどを示した。そして、本物質系における超伝導転移温度 T_c を決める要因として反磁性ゆらぎがその候補の一つであることを示唆した。しかし、Fe ニクタイト系全体から見ると反磁性ゆらぎが強い物質系における転移温度が必ずしも高いというわけでは無いため、転移温度を決定する要因として反強磁性揺らぎに加えて軌道縮重効果やフェルミ面の多重性などを挙げている。この観点から（4-1 の研究成果に記載されていないが）電気抵抗の温度依存性の巾指数と超伝導臨界温度の間に相関があることさらにそれは2つのグループに分類されるという指摘は FePn 系超伝導体全体にとって重要な意味を持つ可能性がある。より系統的な追求を期待したい。一方、本研究グループが系統的な実験的アプローチにより独自の視点で評価を行った点は高く評価できるものの、研究の焦点が必ずしも明確でなかった。今後は各グループ間の相互協力をより一層進めることにより、転移温度決定要因追求の研究戦略をより明確にすることを期待したい。