

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名：精密物性測定による鉄系超伝導体の電子状態解明
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

大串研也（東京大学物性研究所 特任講師）

主たる共同研究者

上田寛（東京大学 教授）

瀧川仁（東京大学 教授）

上床美也（東京大学 准教授）

佐藤卓（東京大学 准教授）

徳永将史（東京大学 准教授）

3. 研究実施概要

本研究課題では、鉄系高温超伝導発見から広がる材料科学において、新超伝導体探索・超伝導特性強化等の研究展開への礎となる電子状態の微視的理解を目指し、電荷の情報を得る手法（輸送現象・光電子分光）とスピンの情報を得る手法（核磁気共鳴・中性子散乱）を組み合わせ、低エネルギー励起を敏感に検知する手法（輸送現象・核磁気共鳴）と高エネルギーの素励起にアクセス可能な手法（中性子散乱・光電子分光）を相補的に用いた精密物性測定を試みた。さらには通常環境下では乱れに覆い隠されている本質的特性を、極限環境下（超高压・強磁場）で詳しくすることを目指した。その結果、鉄系超伝導体の純良単結晶に対し多岐に亘る精密物性測定を適用することで、電荷・スピン・軌道・格子という内部自由度が複雑に絡み合い、高温超伝導・遍歴磁性・軌道秩序などの多彩な量子秩序が創発される様を明らかにした。

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 BaFe₂As₂ の磁気励起

中性子散乱を BaFe₂As₂ に適用することで、反強磁性状態の磁気励起が ~ 10 meV のギャップを有し面内/面間速度の異方性が約 5 倍であるスピン波励起と、 ~ 15 meV のギャップを持つストーナー励起からなることを明らかにした。

② SrFe₂As₂ における磁性と超伝導の共存

SrFe₂As₂ に対する圧力下の NMR 測定により、反強磁性相-超伝導相境界近傍において、正方晶超伝導相と斜方晶反強磁性相がナノスケールで空間的に分布する特異な共存相が自発的に形成されることを発見した。

③ BaMn₂As₂ における磁気第二高調波発生

鉄系超伝導体関連物質 BaMn₂As₂ において、反強磁性磁気秩序に由来する磁気第二高調波発生を観測し、新たに室温遍歴電気磁気効果物質として認識することに成功した。

4-2. 総合的評価

期間内に、角度分解光電子分光 (ARPES) 測定による BaFe₂As₂ の磁気・構造相転移に伴う軌道に依存したフェルミ面再構成、高压下における SrFe₂As₂ の常磁性常伝導相から新奇な正方晶超伝導相・斜方晶反

強磁性相共存秩序相への転移など、複数自由度の関わる秩序を確認・発見したことは十分評価できる。また、独自の物質選別センスにより発見した新超伝導体 $\text{Hg}_{0.44}\text{ReO}_3$ ($T_c=7.7\text{K}$) も、広い意味での超伝導の新たな探索ルートとしての意義は評価されるものであり、その個性をさらに生かしたこれからの計画を期待したい。ただし提案書から期待された「超伝導と磁性・構造上の要因の関連のマイクロな解明に基づき、より高い転移温度を持つ物質開発や新たな高温超伝導物質の発見への指針の提案」に関して、これまでの超伝導体の「物理」と比較したうえで、もう一步踏み込んだ具体的な研究成果がほしかった。

この事業の中の課題の一つとしては、提案書で申請課題の優位性として上げられた「単一の研究機関で、若手研究者がシニアな研究者と緊密な連携を取りながら研究を遂行することで、速やかに鉄系超伝導体に関する重要な知見を発信することができる」という視点が有効に生かされたどうか疑問が残る。