

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名：FeSe 系超伝導体の機構解明と新物質探索

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

高野 義彦（独）物質材料研究機構 グループリーダー）

主たる共同研究者

藤 秀樹（神戸大学大学院理学研究科 教授）

横谷 尚睦（岡山大学 自然科学研究科 教授）

3. 研究実施概要

本研究課題では、超伝導発現メカニズムやより高い超伝導を実現するための指針を得ることを目的として、超伝導と磁性、超伝導と構造相転移の関係を明らかにするため、この鉄系超伝導体の中で最も結晶構造がシンプルな FeSe 系に注目し、NMR 測定、角度分解光電子分光、メスバウアー効果、圧力下結晶構造解析や超伝導特性評価等の検討を行った。その結果、FeSe に 4-6GPa の圧力を加えることにより、超伝導転移温度が約 10K から 37K へ急上昇すること、放射光による低温構造解析により 60K 付近に構造相転移が存在することを明らかにした。磁性と超伝導の相関について、圧力下の NMR 測定から、圧力の増加に伴い、反強磁性相関が強まり超伝導転移温度も上昇することが判明した。また、電子状態について、光電子分光や X 線吸収発光スペクトル等で検討を行い、電子相関が強い系であることを理論計算によるフィッティングにより明らかにした。新物質として毒物指定された元素を含まない唯一の鉄系超伝導体として FeTeS 系を発見し、超伝導発現にリンゴ酸などの有機酸が有効であることを示した。

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超伝導発現と結晶構造の相関、様々なアニール効果を発見

良質な FeSe 系超伝導試料の合成に成功し、鉄系超伝導体の線材として世界で初めて通電 J_c の測定に成功した。FeSe の高い圧力効果を発見し、鉄系超伝導体の T_c がアニオン高さに相関することを見出した。さらに、新超伝導体 FeTeS を発見し、酸素や水、酒が超伝導発現の鍵となることを発見した。

②FeSe における反磁性ゆらぎと超伝導転移温度の相関を解明

NMR 測定により FeSe 超伝導体为非 BCS 超伝導であることを明らかにし、加圧による反強磁性相関と超伝導転移温度の相関を見いだした。一方、 $T_c=32K$ の $K_0.8Fe_2Se_2$ の Se-NMR から磁気揺らぎよりも高い状態密度が重要であることを明らかにした。

③鉄系超伝導体における電子相関の重要性を示唆

鉄系超伝導体で最も単純な構造を持つ FeSe 系に対して、光電子分光を用いてバルク電子構造の直接観測を行い、電子相関効果を取り入れた理論計算から予想される構造と良い一致を示すことがわかった。この結果は、鉄系超伝導体における電子相関効果の重要性を示唆する。

4-2. 総合的評価

試料合成（高野）、NMR 測定（藤）、光電子分光（横谷）の分野で現在活躍中の若手のグループである。このグループは鉄系超伝導の中で最も簡単な結晶構造を持つ FeSe 系に注目し、種々の超伝導特性評価を行ってきた。その中で特筆すべき成果は、①加圧（0→4Gpa）による超伝導転移温度の大幅な上昇（10K→37K）とこれが Fe layer からのアニオンの高さに関連するという事実の発見②FeSe_{1-x}Tex, FeTe_{1-x}Sx の発見とその相図作成、であり高く評価できる。加えて in-situ PIT 法による線材の試みは高く評価したい。なお、FeTe_{1-x}Sx 系を空気や水に曝露すると超伝導が発現する現象の発見を契機にこれまで無機化学者が合成に用いてこなかった有機酸などが超伝導体の合成に役立つことを「ワインが超伝導を誘起する」と紹介したことは超伝導になじみが少なかった人にも、多くの関心を引き寄せ科学技術の振興に貢献したと評価される。