

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 鉄ニクタイト系における新規超伝導体の探索と線材化に関する研究
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
室町 英治（(独)物質・材料研究機構 理事）
主たる共同研究者
熊倉 浩明（(独)物質・材料研究機構 強磁場ステーション ステーション長）

3. 研究実施概要

本研究課題では、層状鉄ニクタイト系、層状鉄セレンイド系を中心に、合成・新物質探索研究と線材化基盤研究を行った。具体的には、(1) ニクタイト系及びセレンイド系を中心に、高圧合成技術等を活用した合成、探索、評価研究 (2) 鉄系超伝導体の線材化において、PIT(Powder-in-tube)法の基礎的検討を行い、(Ba,K)Fe₂As₂ 相を対象に金属管や組織について検討を行った。その結果として、高圧合成した TbFeAsO_{1-δ} 系の超伝導について、アンダードーピング、最適ドーピング、オーバードーピングの領域が存在することを明らかにした。また、1111系 LaFeAsO_{0.85}、122系 AFe₂As₂ (A: アルカリ土類等) について、高圧合成を用いて鉄を種々の異種遷移金属で置換することで不純物効果を検討し、特に非磁性元素 Zn の置換を綿密に行い、1111系においては、わずかの Zn 置換が顕著な T_c の抑制効果があることを明らかにした。さらには、線材化において、4.2K、ゼロ磁界で 10⁴A/cm² という、鉄系超伝導線材としては当時で世界最高の臨界電流密度を達成するなどの成果を得た。

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。

①PIT 法による(Ba,K)Fe₂As₂ 線材開発

PIT 法による(Ba,K)Fe₂As₂ 線材開発については、(Ba,K)Fe₂As₂ について Powder-In-Tube(PIT)法により線材試作を進めた。あらかじめ超伝導粉末を合成して、これを金属管に充填して加工をする ex situ 法で線材作製を進め、4.2K、ゼロ磁界で 10⁴A/cm² という、鉄系超伝導線材としては当時世界最高の臨界電流密度を達成した。

②鉄系超伝導体に関する不純物置換効果の解明

鉄系超伝導体に関する不純物置換効果の解明については、LaFeAsO_{0.85} (1111系)、AFe₂As₂ (122系) に対して、高圧合成を用いて不純物効果を検討し、1111系においては、低濃度の非磁性元素の Zn が顕著な T_c 抑制効果があることを発見するとともに、122系について、多種多様な不純物についてその効果を系統的、総合的に明らかにした。

③高圧環境を利用した鉄系超伝導体への水素ドーピング

高圧環境を利用した鉄系超伝導体への水素ドーピングについては、LaFeAsO_{1-x}H_x 系の高圧合成を行い、H ドーピングによる T_c の上昇を定量的に明らかにした。

4-2. 総合的評価

本研究課題では、研究開始時点には新規超伝導体の発見とその線材化を目指していたが、前者については目論見通りにならず、残念であった。しかし、高圧合成法の利点を生かして、それまで実現していなかった Zn ドーピングや酸素欠損の精密制御を実行して物性評価を行い、超伝導の秩序パラメーターなどの鉄系超伝導体のメカニズムを解明するための貴重なデータを得るなどの評価できる成果を上げ

ている。とりわけ多種の不純物についての系統的な研究により、臨界温度減少の割合だけで超伝導対称性に関する明確な結論導出は不可能であるとの結論は意義深い。一方、計画内で実行された系統的・組織的な物質探索の結果がたとえ期待通りでない場合であってもその結果の整理・報告があれば、コミュニティ全体にとっての貢献はさらに大きなものであったろう。

線材化の基礎研究においては PIT 法による線材試作を行い、世界最高（当時）の臨界電流密度を達成した。また、同線材の材料組織の調査から臨界電流密度と微細組織の関係についての知見も得たこと、および、同線材が上部臨界磁界だけでなく不可逆磁界も非常に高いことを明らかにしたことは工学上有益な成果である。同研究グループには今後、臨界電流密度のさらなる向上や結晶粒の接合性の改善等の開発を進めることを期待したい。