

平成 22 年度研究チーム活動中間報告（第 2 回目）

「新発見された強相関物質における超伝導発現および金属絶縁体転移の機構解明」

No.114 研究幹事：山崎篤志（理工学部）

[序論]

「超伝導」とは一般には物質内での電気抵抗がゼロになる現象として知られており、これは超伝導になった物質を電力送電用のケーブルとして用いるとどんなに遠くまで電気を送っても、無駄な電気エネルギーの損失が起こらないことを意味する。また、このケーブルでコイルを作ると非常に強力な電磁石となり、実際に次世代新幹線として開発の進むリニアモーターカーの浮上のために用いられている。しかし、これまでに発見されている物質が超伝導状態になる温度は物質によって異なり、多くが工業上実用的な温度とされる液体窒素の沸点（約マイナス200°C）以下である。この超伝導転移温度が何に基づいて決められているのか、人類はまだ完全には理解していない。

2008年、東京工業大学の研究グループから新しい超伝導体発見の報告がなされた。新しく発見された超伝導体 $\text{LaFePO}_{1-x}\text{F}_x$ は鉄 (Fe) を含む化合物であり、従来、磁性と超伝導は相容れない存在と認識されていたため、この発見は超伝導の研究者に多大なインパクトを与えた。これらの研究への注目度は日に日に増し、一般向け科学雑誌、新聞等でも盛んに特集が組まれ、この年の米国サイエンス誌のブレイクスルー・オブ・ザ・イヤーにも挙げられている。

1986年に発見された銅系高温超伝導体の中では Hg-Ba-Ca-Cu-O 化合物が150Kを越える超伝導転移温度を有するが、これらに見られる高温超伝導発現のメカニズムは発見から20数年を経てもいまだに明らかではない。今回の鉄系超伝導体の発見は、行き詰まった銅系超伝導体研究のブレイクスルーにもなるのではないかと期待されている。

[目的]

本研究で注目する物質群は、これら鉄系超伝導体の中でも超伝導発現のための基本骨格となるFeを含む Fe_2Se_2 層だけからなる超伝導体FeSeを中心とした超伝導体群である。FeSeは鉄系超伝導体の超伝導発現機構にFeが深く関わっていることをはっきりと示した重要な化合物である。一見して単純な二元系化合物であるが、その物性や構造などが詳細に研究され始めたのはごく最近である。我々の研究チームは早くからこのFeSeに注目し、結晶育成を進めてきた。今後、結晶性と超伝導特性の評価から電子状態の解明までの一連の研究を行い、このFeSeを中心とした物質における超伝導発現機構を明らかにすると共に、鉄系超伝導体群の超伝導発現機構の解明を目指す。

[実験方法と実験結果]

超伝導という量子現象に直接関わっている素粒子は電子である。本研究では、この電子を紫外線（光エネルギーが数 eV）から硬X線（数 1000eV）までの光によって励起し、弾性的に真空中に放出された電子を検出するという「光電子分光」を主な実験手法として採用した。これにより、超伝導体内部での電子の構造を詳細に調べることが可能となった。大型放射光施設 SPring-8 にて行った実験では、FeSe に対して、このような電子構造に関する知見を得ることが出来ており、現在はより詳細な解析を進めている。

[今後の研究方針]

今後は、実験から得られたデータの解析を進めると共に、超伝導体の電子構造に対して理論的なモデルを構築して実験との比較を行うことで、鉄系超伝導体に対して超伝導発現のメカニズムや超伝導転移温度を上昇させるための指針を提示していく予定である。