

学位申請論文公開講演会

日時：2024年1月25日(木) 10:00~

申請者：劉子揚 (I研)

場所：物理会議室 (C207) コロナ感染などにより急遽オンラインに切り替わる可能性があります。公聴会への参加を希望される方は主査に事前にご連絡ください。

題目：NMRによる圧力下における励起子絶縁体候補物質

Ta_2NiSe_5 の局所磁性、電荷状態の研究

主論文の要旨

Fe系超伝導体、トポロジカル物質、そしてキタエフスピン液体のように量子状態を高い温度域で実現できる物質が注目され、研究が進められている。その中で励起子絶縁体は、Mott絶縁体のように電子相関による発現機構が提案されている。

本研究では、励起子絶縁体の候補物質 Ta_2NiSe_5 において、構造相転移を伴う高温半導体状態から絶縁体状態への相転移が T_c で巨視的物理量に観測されるが、光電子分光で観測された大きな電荷ギャップがその T_c 以上でも存在し、一見矛盾したこれらの実験結果の原因を明らかにすることと、圧力によるこの絶縁状態の抑制に伴い出現する圧力誘起金属相の電子状態を調べることを目的として、Se核の核磁気共鳴法(NMR)及びTa核の核四重極共鳴法(NQR)を用いて、局所的にその磁気状態・電気状態を調べた。

Se核NMRより、相転移温度 T_c 以上でも磁化率や磁気ゆらぎの抑制が常圧では T_c 以上の温度 T^* まで存在し、励起子の前駆現象と考えられること、それが広い圧力域で存在することを見出した。これは、低温結晶構造の空間的・時間的なゆらぎが高温でも現れ、観測プローブの空間・時間分解能の違いによって、 T_c より高温での観測が異なるように見える可能性を示している。このように圧力による励起子絶縁体的ギャップが調整できることを明らかにした。

次に、 Ta_2NiSe_5 のTa核NQR信号の発見を契機に、この系の電氣的/構造状態の温度・圧力依存性を調べた。Ta核NQRスペクトル形状とTa核磁気緩和率 $1/T_1$ から、Taサイトの局所構造や電荷分布の対称性とそのゆらぎの強さが得られる。常圧では T^* から T_c の温度降下で構造/電氣的ゆらぎが発散的に増大し、 T_c 以下ではそのゆらぎが凍結し、Taサイト電場勾配分布の変化へつながることを見出した。Se核NMRにより得られた T^* 以下での磁化率や磁気ゆらぎの抑制と合わせて考えると、局所的な構造の変化が電子状態の変化を誘起し、 Ta_2NiSe_5 における T_c 以上での励起子絶縁体的物性を出現させるという可能性が考えられる。さらに、同じ手法を高圧誘起金属相の電子状態の研究に用いた。構造相転移を起こす T_c より高温では、構造/電氣的ゆらぎが増大し始める温度と磁化率や磁気ゆらぎが抑制される温度が常圧と異なり一致せず、分かれていることを見出した。これは電子相関による自発的な軌道混成が結晶構造ゆらぎとは独立に起こることを示すと考えられる。

以上から、励起子絶縁体候補物質 Ta_2NiSe_5 での電子状態の変化は電子相関が主要な役割を担っており、基底状態で励起子絶縁体状態が実現していると考えられることを示した。

連絡先：小林義明 (I研), i45323a@cc.nagoya-u.ac.jp