

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 劉 子揚

論 文 題 目 NMR による圧力下における励起子絶縁体候補物質
Ta₂NiSe₅ の局所磁性、電荷状態の研究

論文審査担当者

主 査	名古屋大学大学院理学研究科	准教授 博士(理学)	小林 義明
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教授 理学博士	河野 浩
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教授 博士(工学)	谷山 智康
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	准教授 博士(理学)	小林 晃人
委 員	名古屋大学大学院工学研究科	教授 理学博士	澤 博

論文審査の結果の要旨

Fe系超伝導体、トポロジカル物質、キタエフスピン液体候補物質など高い温度域で量子状態を実現できる物質の研究が進められ、その中で、Mott絶縁体のように電子相関により発現する励起子絶縁体の候補物質に注目が集まっている。しかし現在まで報告されている候補物質は電子状態の相転移が結晶構造の変化を伴うため、電子相関のみに由来する現象として理解できるか、あるいは電子-格子相互作用を主としたものかが議論となっている。

励起子絶縁体候補物質の一つである Ta_2NiSe_5 では、 T_c で構造相転移を伴う高温の半導体状態から絶縁体状態への相転移が巨視的物理量に観測される。一方、光電子分光のような微視的測定では電荷ギャップに相転移による大きな変化が見られていない。本研究では、一見矛盾したこれらの実験結果の原因を明らかにするとともに、加圧による相転移温度 T_c の抑制と圧力誘起金属相の電子状態を調べることを目的として、 Ta_2NiSe_5 の平均結晶構造や輸送特性から決定された温度-圧力相図上の異なる4つの相における局所的な磁性及び電荷状態を調べた。測定には圧力下の磁性及び局所電荷状態の測定に有効な手段である Se 核磁気共鳴法(NMR)および Ta 核四重極共鳴法(NQR)を用いた。

申請者は、励起子凝縮の前駆現象と考えられる、 T_c より高い温度 T^* から温度降下で現れる磁化率や磁気ゆらぎの抑制が、温度-圧力相図上に広く存在することを見出した。この事実から、低温結晶構造の空間的・時間的なゆらぎが高温結晶構造相においても現れ、観測プローブの時間分解能の違いによって、 T_c より高温での振る舞いが異なるように見える可能性を議論し、 Ta_2NiSe_5 におけるボーズアインシュタイン凝縮型励起子形成を提案した。

さらに、申請者はこれまで知られていなかった Ta_2NiSe_5 の Ta 核 NQR 信号を発見し、Ta サイトでの電場勾配の大きさと非対称性、およびそのゆらぎの温度・圧力依存性を調べた。この電場勾配の温度/圧力変化は Ta サイトの局所構造やそのゆらぎを反映したものとわかり、常圧では高温 T^* から T_c に向けて構造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、構造相転移することを見出した。 T^* 以下での磁性の抑制は、局所的な構造の変化、そのゆらぎの低エネルギー化に起因し、 T_c では構造変化の長距離化によって励起子絶縁体的な物性が出現すると考えられる。さらに、同じ手法を圧力誘起金属相の研究に用いたところ、構造相転移を起こす T_c 以上で、構造ゆらぎが変化し始める温度と磁気ゆらぎが抑制される温度 T^* が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や励起子形成が構造ゆらぎとは独立に起こることを示し、超伝導が現れる高压金属相でさえ、 T^* が存在していることを本研究は初めて見出した。

以上の結果は、励起子絶縁体候補物質 Ta_2NiSe_5 の局所的な磁性、電気的特性から、その電子状態の変化の主因は電子相関であり、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すもので高く評価できる。以上の理由により、申請者は博士(理学)の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。