

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 27 日現在

機関番号：82121

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2012

課題番号：23740254

研究課題名（和文）高温超伝導体への新規アプローチ:Fe 酸化物絶縁体を用いて

研究課題名（英文）New approach to the high temperature superconductor based on Fe oxychalcogenides

研究代表者

池 聖大(SUNGDAE JI)

一般財団法人総合科学研究機構（総合科学研究センター（総合科学研究室）及び東海事業・その他部局等・研究員

研究者番号：10594898

研究成果の概要（和文）：最近の見つかった高温超電導および金属の Fe-pnictides および Fe カルコゲニドのメカニズムの論争に動機づけられて、私たちは 1)を 提案している。1)構造的特徴は共有するが、異なる磁性起源を持つ、絶縁体オキシカルコゲニドからの超伝導体を合成する新しいア プローチ、そして 2)局在化電子の観点の磁性研究によって Fe ベースの超伝導体だけでなく高い Tc の銅酸化物の不明瞭な超伝導メカニ ズムにより多くの明瞭な洞察を与えるであろう。 私たちはドーピングしていないオキシカルコゲナイドの高 品質な粉末試料の合成に成功しました。それは、キャリアのドーピングにより超伝導体合成の次のステップの基材となる。ドーピングしていない合成物の巨視的および微視的性質を特徴づけるために、様々な実験を実施した。特に、弾性・非弾力的な中性子散乱が測定磁気基 底状態の静的および動的性質を探索するために利用された。Fe オキシカルコゲナイド(La₂O₂Fe₂Se₂ と La₂O₂Fe₂OS₂)の場合には、チェッカーボードタイプ格子のフラストレート磁性体は、磁気秩序温度をはるかに上の室温でさえ、異常な磁気揺らぎを示すことが判明した。 Co および Mn オキシカルコゲナイドには著しいフラストレート効果はない一方、クエンチされていない軌道磁気モーメントの Co そして非常に低い次元の磁気相互作用の Mn ではそれぞれ異常な磁気励起およびゆらぎが観測された。母物質に関する私たちの実験結果は、オキシカルコゲナイドがチェッカーボード格子の幾何学的なフラストレーション、Ising タイプ 基底状態の異常なクエンチされていないモーメントからの軌道の励起および低次元性のような様々なスピン/軌道状態との新しい磁気 を研究するためのよいモデルであることを示しました。

研究成果の概要（英文）：Motivated by recent finding of high temperature superconductivity and controversial issues on its mechanism in metallic Fe-pnictides and Fe-chalcogenides, we've proposed 1)the new approach to synthesize a superconductor from insulating oxychalcogenide which shares a structural property but has different origin of magnetism, and 2) to study magnetism in the view point of localized electron which will give more clear insight on understanding obscure mechanism of superconductivity not only in Fe-based superconductors but also in high Tc cuprate. We succeeded to synthesize high quality powder samples of non-doped oxychalcogenides (La₂O₂Fe₂Se₂, La₂O₂Fe₂OS₂, LaOCo₂OSe₂ and La₂O₂Mn₂OSe₂), which are base materials for the next step to synthesize superconductors by doping carriers. In order to characterize macroscopic and microscopic properties of non-doped compounds, elastic and inelastic neutron scattering measurements methods have been utilized to explore static and dynamic properties of magnetic ground states. In the case of Fe-oxychalcogenide (La₂O₂Fe₂Se₂ and La₂O₂Fe₂OS₂), it turns out to be highly frustrated magnets in the checkerboard type lattice showing unusual magnetic spin fluctuation even at room temperature far beyond magnetic ordering temperature. While there exist no serious frustrating effect in Co- and Mn-oxychalcogenides, an extraordinary magnetic excitation and fluctuation have been observed regarding on the unquenched orbital magnetic moment in the Co sample and extremely low dimensional magnetic

interaction in the Mn sample, respectively. Our experimental results about parent materials have shown that oxychalcogenides are good toy models for studying novel magnetism with various spin/orbital states such as geometrical frustration in the checkerboard lattice, orbital excitation from extraordinary unquenched moments and low dimensionality in Ising type ground states.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合 計
交付決定額	2,000,000	600,000	2,600,000

研究分野：数物系科学
科研費の分科・細目：物理学・物性 II
キーワード：高温超伝導

1. 研究開始当初の背景
これまで盛んに研究されてきた銅酸化物 (Cu 系) 高温超伝導体はモット絶縁体である反強磁性絶縁体を母物質に持つのに対し、最近新たに発見された Fe プニクタイト (Fe 系) 高温超伝導体は金属反強磁性体を母物質に持つ。我々は、これら Fe 系高温超伝導体と Cu 系高温超伝導体の類似点および相違点から、銅を含まない反強磁性絶縁体 $\text{La}_2\text{T}_2\text{O}_3\text{E}_2$ ($\text{T} = \text{Fe, Co}$ and $\text{E} = \text{S, Se}$) を用いた新たな高温超伝導体へのアプローチを提案する。

2. 研究の目的
我々の研究の目的は以下の 3 つからなる。
(1) Te, Ba, Sr, Ca など様々なドーピングを母物質の反強磁性絶縁体 $\text{La}_2\text{Te}_2\text{O}_3\text{E}_2$ ($\text{T} = \text{Fe, Co}$ and $\text{E} = \text{S, Se}$) に行う事により金属となる試料を合成し、最終的には高温超伝導を示す物質の合成を目指す。
(2) 新奇に合成するこれらの試料について、高温超伝導および関連した物性の微視的メカニズムを中性子散乱を用いて調べる。
(3) $\text{La}_2\text{T}_2\text{O}_3\text{E}_2$ ($\text{T} = \text{Fe, Co}$ and $\text{E} = \text{S, Se}$) において予想される強相関電子のフラストレーションによる異常物性の研究を行う。

3. 研究の方法
(1) 粉末試料と単結晶成長
(2) 中性子散乱実験

4. 研究成果
(1) 母物質およびキャリアをドーピングした試料を合成するための最適条件の探索を行う：我々は、固相反応法を利用して $\text{La}_2\text{O}_2\text{Fe}_2\text{O}_7$ 、 $\text{La}_2\text{O}_2\text{Fe}_2\text{O}_8$ 、 $\text{La}_2\text{O}_2\text{Co}_2\text{O}_7$ および $\text{La}_2\text{O}_2\text{Mn}_2\text{O}_7$ のような母材の粉末試料の合成に成功した。試料の品質は、X 線粉末回折、磁化率および比熱測定によって確認されました。母物質の単結晶育成はフローティングゾーン法によって試み、小さい単結晶育成に成功した。しかし、中性子散乱実験

用のためにはより大きなサイズ水晶を育てる必要がある。 $\text{La}_2\text{O}_2\text{Fe}_2\text{O}_7$ はこれまでの鉄系超伝導体とは異なり、強相関極限に位置する母物質であり、キャリアドーピングにより高温超伝導が期待される。銅酸化物と同様に電荷供給相として La_2O_2 層を有しており、キャリアドーピングは容易におもえるが今のところ成功報告はない。我々は、Ca Sr および Ba のような荷電のドーピングにより、超伝導体を合成する条件を見つけた

(2) 中性子散乱を中心とした様々な実験手法を用いて、母物質における異常な磁性および伝導特性の研究を行う：我々は、J- PARC、SNS (U. S. A) および ISIS (英国) のといった様々な中性子源を使用して、母物質中の新しい磁性を調査するために弾性・非弾性中性子散乱実験を行なった。我々は、オキシカルコゲナイドがチェッカーボード格子の幾何学的なフラストレーション、Ising タイプ基底状態の異常なクエンチされていないモーメントからの軌道の励起および低次元性のような様々なスピン/軌道状態との新しい磁気を研究するためのよいモデルであることを示しました。しかしながら、私たちの実験、情報に限界がある粉末試料での実施であり、したがって、単結晶で、これらの合成物中の不明瞭のスピンダイナミクスを明らかにすることが要求される。

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 1 件)

① Sungdae Ji, “Strong geometrical frustration in Fe oxychalcogenide”, ICM 2012, South Korea.

〔図書〕（計 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

池 聖大(SUNGDAE JI
一般財団法人総合科学研究機構・その他部
局等・研究員
研究者番号：10594898

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：